
DIPLOMARBEIT

Herr
Gregor Gottfried Fimbinger

**Material- und fertigungs-
technische Betrachtung des
Cradle to Cradle-Designs in der
Fahrzeugindustrie**

2016

DIPLOMARBEIT

Material- und fertigungs- technische Betrachtung des Cradle to Cradle-Designs in der Fahrzeugindustrie

Autor:

Herr

Gregor Gottfried Fimbinger

Studiengang:

Wirtschaftswissenschaften

Seminargruppe:

KW11sGA-F

Erstprüfer:

Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut Lindner

Zweitprüfer:

Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling

Mittweida, Jänner 2016

Bibliografische Beschreibung:

Fimbinger, Gregor Gottfried: Material- und fertigungstechnische Betrachtung des Cradle to Cradle-Designs in der Fahrzeugindustrie – Fallbeispiel Mercedes G-Klasse-Produktion bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik Graz, Österreich
92 Seiten, 21 Abbildungen, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Wirtschaftswissenschaften

Diplomarbeit, 2016

Referat:

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Implementierung des Cradle to Cradle-Designs in der Fahrzeugindustrie mit Hilfe von drei ausgewählten Anwendungsbeispielen. Hier wird bewiesen, dass Ökologie und Umweltmanagement in der Automotive-Branche nicht nur Kosten verursacht, sondern auch erhebliches Einsparungspotential birgt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis	V
1 Einleitung.....	1
2 Recycling	5
2.1 Definition und historischer Hintergrund	5
2.2 Arten des Recyclings	7
2.3 Die Evolution von Recycling – Cradle to Cradle und Urban Mining	9
2.3.1 Das Cradle to Cradle-Design.....	12
2.3.2 Das Urban Mining-Konzept	17
3 Die Mercedes G-Klasse und der Produktionsstandort Graz	19
3.1 Historie der Mercedes G-Klasse	19
3.2 Magna Steyr Fahrzeugtechnik Graz und die G-Klasse	21
4 Verwendete (Roh)Stoffe in der Automobilindustrie	25
4.1 Metalle im Kraftfahrzeugbau	25
4.2 Seltene Erden im Fahrzeugbau	26
4.3 Naturstoffe im Fahrzeugbau.....	28
4.4 Kunststoffe im Fahrzeugbau	29
4.5 Funktionsflüssigkeiten im Fahrzeugbau	31
5 Anwendungsbeispiele des Cradle to Cradle-Designs.....	32
5.1 Cradle to Cradle in der Entwicklung	33
5.2 Cradle to Cradle in der Lederherstellung	42
5.3 Cradle to Cradle in der Gestaltung von Produktionshallen.....	53
5.3.1 Dachbegrünung im Allgemeinen.....	55
5.3.2 Vorarbeiten zur Dachbegrünung.....	61
5.3.3 Evaluierung Hallenkühlung G-Klasse Produktion	63
5.3.4 Dachbegrünung versus Kältemaschine	65
5.3.5 Kostenermittlung Klimagerät für die G-Klasse Produktion	68
5.3.6 Kostenermittlung Dachbegrünung der G-Klasse Produktion	73
5.3.7 Kosten-Vergleich Klimatisierung und Dachbegrünung	75
6 Conclusio	81

Literaturverzeichnis	85
Selbständigkeitserklärung	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Great Pacific Garbage Patch.....	10
Abbildung 2: Cradle to Grave-Konzept.....	13
Abbildung 3: Cradle to Cradle Nährstoffkreise	15
Abbildung 4: Mercedes AMG G 65 V12	20
Abbildung 5: Werk der Magna Steyr Fahrzeugtechnik Graz	24
Abbildung 6: Weltweite Vorkommen Seltener Erden	27
Abbildung 7: Fahrzeugbestand seit 1948 bis 2014 in Österreich	36
Abbildung 8: Funktionsprinzip Nebenstromfilter	38
Abbildung 9: Servicekosten für Fahrzeugflotte innerhalb 10 Jahren	40
Abbildung 10: Vergleich der Ölservicekosten für 100 Fahrzeuge.....	41
Abbildung 11: Ledergerbung mit Chromsalzen in Bangladesch	47
Abbildung 12: Globaler Vergleich Trauben versus Tierhäute 2000-2012	51
Abbildung 14: Trester aus der Weinherstellung für Biogasanlage.....	52
Abbildung 15: Grassodendach auf den Färöer-Inseln.....	56
Abbildung 16: High Line Park / New York; intensiv begrünte, alte Bahntrasse	58
Abbildung 17: Extensive Dachbegrünung einer Industriehalle	67
Abbildung 18: Prognostizierte Temperaturentwicklung für Graz/Österreich	73
Abbildung 19: Aufstellung Kältemaschine und Dachbegrünung.....	76
Abbildung 20: Kostenvergleich Klima versus Dachbegrünung.....	77
Abbildung 21: Nur Anschaffungskosten inkl. Pflegekosten	78

1 Einleitung

Die Fahrzeugindustrie stellt nach Angaben des Fachverbands der Fahrzeugindustrie der Wirtschaftskammer Österreich den viertgrößten Industriezweig Österreichs dar. In Hinblick auf die Exporte belegt die Fahrzeugindustrie sogar den zweiten Platz und beschäftigt einschließlich der Zulieferbetriebe sowie vor- und nachgelagerter Wirtschaftsbereiche in Österreich rund 355.000 Menschen.^{1 2} Es darf also zweifelsohne behauptet werden, dass es sich bei der Fahrzeugindustrie um eines der wichtigsten Standbeine des Wirtschaftsstandortes Österreich mit entsprechend großem Einfluss auf die Gesamtökonomie des Landes handelt. Schwächelt die Fahrzeugindustrie, wie dies vor allem in den Krisenjahren 2008/09 sowie 2013 der Fall war, welches in Österreich absatzmäßig zum schlechtesten Jahr für die Branche wurde³, kommt es auch in den mit dem Automotivbereich verbundenen Wirtschaftszweigen zu massiven Umsatz- und Gewinneinbrüchen oder, um es prägnant mit den Worten des Bremer Wirtschaftswissenschaftlers Rudolf Hickel zu sagen „Wenn die Autoindustrie hustet, bekommen Maschinenbau, Handwerk, Einzelhandel eine Lungenentzündung.“⁴

Die Fahrzeugindustrie hat jedoch nicht nur großen wirtschaftlichen Einfluss, sondern ist aufgrund der stetig zunehmenden Mobilität und somit steigender Produktionsmengen im Kraftfahrzeugbereich⁵ auch einer der Hauptkonsument von

¹ vgl. Fachverband der Fahrzeugindustrie, Wirtschaftskammer Österreich: Kurzportrait, URL <http://www.fahrzeug-industrie.at/wir-ueber-uns/kurzportraet/>, (29.08.2014)

² vgl. Linszbauer, H.: Unsere Branche Das Autoland Österreich (ausgewählte Leistungen), Mai 2014, URL http://www.fahrzeugindustrie.at/fileadmin/content/Zahlen___Fakten/Statistikjahrbuch/Autoland_%C3%96sterreich_2013.pdf, (29.08.2014)

³ vgl. Szigetvari, A.: Autoindustrie in Europa brummt nicht mehr, in: derStandard, 17.04.2013, URL <http://derstandard.at/1363708324050/Autoindustrie-in-Europa-brummt-nicht-mehr.html>, (29.08.2014)

⁴ vgl. Stern.de: Autoindustrie droht Pleitewelle (Zitat von Rudolf Hickel, 28.10.2008, URL <http://www.stern.de/wirtschaft/news/unter-nehmen/finanzkrise-autoindustrie-droht-pleitewelle-643670.html>, (29.08.2014)

⁵ vgl. Wolf, G.: Branchenbericht Fahrzeugherzeugung mit Detailberichten: KFZ-Industrie, Sonstiger Fahrzeugbau (September 2011), URL <http://www.bankaustria.at/files/Fahrzeugherzeugung.pdf>, (01.09.2014)

zum Teil raren, jedenfalls aber wertvollen Rohstoffen wie Metalle, seltene Erden, Kunststoffe, Leder aber auch Wasser und Energie. Dies stellt für die produzierenden Unternehmen im Automotive-Bereich in Hinblick auf die Nachhaltigkeit eine große Herausforderung dar, da ausgehend von der Produktion negative Effekte auf die Umwelt jedoch auch auf die Verfügbarkeit von Ressourcen ausgehen.

Pessimistisch betrachtet ist das beginnende 21. Jahrhundert geprägt von Umweltverschmutzung, Wirtschaftskrisen, Verletzung von Menschenrechten und sozialen Standards. Die steigenden Bevölkerungszahlen und ein zunehmend konsumorientierter Lebensstil tragen zur Ressourcenknappheit und Ungleichverteilung selbiger bei.⁶ Es scheint so, dass auch die Fahrzeugindustrie aufgrund des weltweiten Wettbewerbs um die besten Rohstoffe und günstigsten Produktionsbedingungen einen nicht unbeträchtlichen Anteil an dieser Misere hat.

Auf der einen Seite ist die europäische Fahrzeugindustrie mit einer zunehmenden Nachfrage aus den aufstrebenden Schwellenländern in Asien (insbesondere China) und den arabischen Emiraten konfrontiert, wo von einer wohlhabenden Oberschicht vor allem Luxusfahrzeuge – zu denen auch die Mercedes G-Klasse in ihrer zivilen Version gehört – gekauft werden. Diese Klientel strebt danach, ihre mobilen Träume in erster Linie mit möglichst leistungsstarken und individuell luxuriös ausgestatteten Fahrzeugen zu verwirklichen. Umweltaspekte spielen nach Einschätzung des Autors hier noch kaum eine Rolle. Dem gegenüber steht eine trotz aller wirtschaftlichen Krisen „gesättigte“ Bevölkerung in den europäischen und nordamerikanischen Industriestaaten, die zum Teil bereits über ein sensibilisiertes Umweltbewusstsein verfügt und sich von der Fahrzeugindustrie entsprechend sparsame und möglichst umweltfreundliche Fahrzeuge erwartet, die dem generellen Trend zur „Nachhaltigkeit“ entsprechen.

⁶ vgl. WBCSD: Vision 2050 – The new agenda for business (2010), URL <http://www.wbcds.org/vision2050.aspx>, (30.08.2014)

Wie kann nun die Fahrzeugindustrie diesen zum Teil gegensätzlichen Kundenwünschen entsprechen und ihren Absatz wieder erhöhen bzw. gibt es überhaupt eine wirtschaftlich sinnvolle Lösung für die produzierenden Unternehmen, um den Spagat zwischen größtmöglicher Nachhaltigkeit ihrer Produkte und einem langfristig erfolgreichen Bestehen im harten globalen Wettbewerb um die günstigsten Ressourcen und Produktionsbedingungen zu meistern?

Diese Diplomarbeit geht der Frage nach, in wie weit das sogenannte Cradle to Cradle-Design, worin sämtliche verwendete Materialien nach Gebrauch vollständig wiederverwertet werden können, in einer Fahrzeugproduktion integriert und damit nicht nur dem Nachhaltigkeitsgedanken Rechnung getragen, sondern auch die Rentabilität und damit indirekt auch die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens gesteigert werden könnte. Als Fallbeispiel dient dem Autor dabei die Produktion der Mercedes G-Klasse bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik in Graz, Österreich.

Da bei der Fahrzeugproduktion eine Vielzahl unterschiedlichster Materialien eingesetzt wird, würde eine Gesamtanalyse der verwendeten Rohstoffe den Rahmen dieser Diplomarbeit bei weitem sprengen. Aus diesem Grund wurden vom Autor in der vorliegenden Arbeit einige Beispiele herausgegriffen, die seiner Meinung nach anschaulich darstellen, dass sich Nachhaltigkeit und Rentabilität nicht per se ausschließen, sondern dass durch die praktische Anwendung des ökoeffektiven Cradle to Cradle-Designs im Produktionsbereich sogar eine deutliche Rentabilitätssteigerung möglich ist.

Im ersten Teil der Arbeit wird ein kurzer Überblick über den Gegenstand des Fallbeispiels gegeben.

Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich hauptsächlich mit dem Thema Recycling und der Vorstellung des Cradle to Cradle-Designs. Um den theoretischen Hintergrund dieser Diplomarbeit abzurunden, wird zudem auch kurz auf Urban Mining Bezug genommen.

Im dritten Kapitel wird überblicksmäßig die Mercedes G-Klasse und der produktionstechnische Hintergrund dieses Fahrzeugs bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik in Graz mit Zahlen und Fakten dargestellt.

Im darauffolgenden Kapitel geht der Autor im Detail auf die im Fahrzeugbau verwendeten Werkstoffe ein und wiegt die Vor- und Nachteile sowohl aus fertigungstechnischer als auch aus ökologischer Sicht ab.

Das fünfte Kapitel bildet den Hauptteil der Arbeit und stellt die Möglichkeiten einer Implementierung des Cradle to Cradle-Designs in drei Teilbereichen der Mercedes G-Produktion bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik in Graz dar. Im ersten Abschnitt wird auf die Produktentwicklung eingegangen und in einem Fallbeispiel eine potentielle Umsetzung des Designs in fertigungstechnischer Hinsicht bewertet.

Der Schwerpunkt liegt jedoch in Abschnitt zwei und drei, wo der Autor einerseits die mögliche Implementierung von Cradle to Cradle in der Fahrzeugproduktion anhand der Verwendung von ökoeffektiven Verarbeitungsvarianten in der Lederherstellung vorstellt. Andererseits werden ausführlich Maßnahmen unter dem Cradle to Cradle-Aspekt, wie beispielsweise der Bereich Energiemanagement in der Infrastruktur der Produktionsstätte selbst, im Detail vorstellt. Zusammenfassend werden die Auswirkungen der Umstellungen nach jedem Fallbeispiel auch unter dem ökologischen Aspekt betrachtet.

Für die gesamte Arbeit gilt die Prämisse, dass alle Anwendungsvarianten von Cradle to Cradle in der Praxis nicht nur einen positiven Effekt in Bezug auf die Umwelt haben und somit dem Nachhaltigkeitsgedanken Rechnung tragen müssen, sondern dass mit dem vom Autor erörterten Maßnahmen auch die Rentabilität gesteigert werden kann.

Dies auch vor dem Hintergrund, dass sich Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG zwar durch die Einführung des integrierten Umweltmanagementsystems ISO 14001⁷ zur Einhaltung von Umweltstandards und Förderung der Nachhaltigkeit

⁷ vgl. Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG: Zertifikat EN ISO 14001, URL http://www.magnasteyr.com/docs/default-source/magna-steyr---environmental-protection/iso_14001_2004.pdf?sfvrsn=2, (30.08.2014)

verpflichtet hat, jedoch nach persönlichen Erfahrungen des Autors aufgrund des starken internationalen Wettbewerbs, dem auch Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG unentwegt ausgesetzt ist, Systemänderungen in der Produktion in vielen Fällen nur dann vorgenommen werden, wenn diese nachweislich Einsparungen bringen oder zumindest keine Zusatzkosten verursachen, welche die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens rein kostenmäßig betrachtet schwächen könnten.

2 Recycling

2.1 Definition und historischer Hintergrund

Der aus dem Englischen stammende Begriff „Recycling“ kann direkt mit „Rezyklieren“ übersetzt werden und bedeutet so viel wie „Wiederverwerten“ bzw. „Wiederaufbereiten“ von verwendeten Rohstoffen.⁸ Recycling ist zwar zeitgemäße Terminologie, beschreibt jedoch Grundprozesse, welche die Menschheit bereits seit sehr langer Zeit begleiten.

Immer wenn Rohstoffe gewonnen oder verwertet werden, ergeben sich bei diesen Prozessen Nebenprodukte und Abfälle, die für das eigentliche Produkt nicht mehr verwendet werden können. Da das Wirtschaften - vormals auch als „Haushalten“ titulierte - immer den Umgang mit einem knappen Gut beschreibt, müssen Mittel und Wege gefunden werden, um die Nebenprodukte und Abfälle so gering wie möglich zu halten, oder diese einer neuen Produktentstehung zuzuführen. Somit kann der Gesamtnutzen aus einem Rohstoff gesteigert werden. Dieser Aspekt erlangt insbesondere in Zeiten von ressourcenbedingtem oder finanziellem Mangel essentielle Bedeutung.

⁸ vgl. DUDEN: Recycling, Bibliographisches Institut GmbH (Hg.), URL <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/recycling>, (01.01.2014)

In den letzten Jahrzehnten entstand als Folge von Umweltkatastrophen, die durch rücksichtslose Ausbeutung von Rohstoffen und deren industrielle Weiterverarbeitung in kurzen Abständen auftraten, in breiten Teilen der Bevölkerung ein erhöhtes Bewusstsein für die Notwendigkeit von umweltschützenden Maßnahmen, dem in weiterer Folge auch der österreichische Gesetzgeber mit der Verabschiedung eines weitreichenden Abfallwirtschaftsgesetzes Rechnung trug⁹. Somit wurde Mitte der 1980-Jahre beginnend mit der Trennung von Papier und Glas vom übrigen Restmüll ein erster wichtiger Schritt in Richtung Wiederverwertung gesetzt.

Seither wurde die gesetzliche Basis zur Abfalltrennung und Verwertung nicht nur in Österreich sondern in weiten Teilen der industrialisierten Welt stetig vorangetrieben und damit die Recyclingquote kontinuierlich erhöht, Betriebe hinsichtlich Umweltauflagen stärker reglementiert und generell Innovationen zum Umweltschutz vorangetrieben. Kaum ein in den Medien präsent Unternehmen kann es sich heute noch offiziell leisten, keinen Wert auf die vielzitierte „Sustainability“ zu legen, auch wenn es sich dabei zweifelsohne in vielen Fällen eher um Schönfärberei denn echte Nachhaltigkeit handelt.

Nach Ansicht des Autors werden Umweltschutz und Recycling von den Unternehmen auch heute noch als kostspieliges, aufwendiges und – da gesetzlich vorgeschrieben - unausweichliches Übel im täglichen Wirtschaftsalltag empfunden. Dass hier erhebliches Potential zur Steigerung von Rentabilität und Wirtschaftlichkeit versteckt sein kann, wird in den meisten Fällen nicht wahrgenommen. Dabei legte bereits Henry Ford in seiner Checkliste für die erste Massenproduktion von Kraftfahrzeugen neben Leistung, Präzision, Kontinuität und Geschwindigkeit auch großes Augenmerk auf die Wirtschaftlichkeit im

⁹ vgl. Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem (RIS): Abfallwirtschaftsgesetz 2002 idF vom 27.02.2014, URL <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086>, (13.02.2014)

Produktionsverlauf.¹⁰ So ist es überliefert, dass sich Ford zur Erhöhung der Rentabilität in der Produktion von seinen Lieferanten die Komponenten für die Modell A-LKWs in Holzbehältern liefern ließ. Diese wurden anschließend in Teile zerlegt und als Bodenbretter für die neuen Fahrzeuge verwendet.¹¹ Ein sehr anschauliches Beispiel, wie Recycling – besser noch Upcycling, da der Wert des hier verwendeten Rohstoffes nicht minimiert, sondern sogar gesteigert wird – die Rentabilität erhöhen kann.

2.2 Arten des Recyclings

Grundsätzlich wird beim Recycling zwischen drei Arten unterschieden, die sich in der Wertschöpfungskette aneinander reihen.

Als erstes ist das Recycling während der Produktion zu nennen. Hier geht es hauptsächlich darum, während des Produktionsdurchlaufs so wenig wie möglich an Abfall zu produzieren. Jeglicher Materialabfall, auch Ausschuss genannt, hat eine Minimierung der Wertschöpfung aus einer gegebenen Eingangsmenge von Rohstoffen zur Folge. Somit ist es notwendig, alle Prozesse in der Produktion in Hinblick auf minimalen Ausschuss zu durchleuchten, bei der Evaluierung ein Verbesserungspotential zu identifizieren und in weiterer Folge den Produktionsprozess dahingehend zu optimieren. Da aber eine Produktion ohne Ausschuss nicht möglich ist, wurde der Gedanke der Prozessoptimierung um die Verbesserung der Wiederverwertbarkeit der Ausschussmaterialien erweitert. Hierbei geht man dazu über, jene Materialien in der Produktschaffung zu verwenden, deren Ausschuss mit geringstem Aufwand wieder in den Produktionskreislauf eingebracht werden kann. Als Beispiel sei hier die

¹⁰ vgl. Batchelor, R.: Henry Ford: Mass Production, Modernism and Design, Manchester und New York, 1994, S.41

¹¹ vgl. Braungart, M. u. McDonough, W.: Cradle to Cradle Einfach intelligent produzieren, München, 2013, S.142

Verwendung von Sintermetallen oder -pulvern anstatt Gussmetallen bei der Herstellung von einfachen Maschinenteilen genannt.¹²

Der zweite Recyclingtyp setzt beim Produktverbrauch an. Man geht dabei vom Grundgedanken aus, dass ein Produkt beim Auftreten eines Mangels oder einer Abnützung nicht vollständig zu Abfall wird, sondern die mangelhaften oder verschlissenen Teile ersetzt bzw. wieder in Stand gebracht werden, ohne das Produkt stark zu verändern. Somit werden lediglich die getauschten Einzelteile zu Abfall, die wiederum durch Materialrecycling dem Produktionskreislauf zugeführt werden können. Sollte diese Art des Recyclings erfolgreich Anwendung finden, ist es unabdingbar, bereits im Vorfeld während der Entwicklung eines Produkts auf die Reparaturmöglichkeiten Rücksicht zu nehmen.¹³ Hier spricht man auch vom Begriff der recyclingfähigen Konstruktion¹⁴, die seit Jahrzehnten im Maschinenbau Anwendung findet, jedoch heute auch im Bauwesen und anderen Industriezweigen immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Der dritte Recycling-Typ findet in der Zeit nach dem Produktgebrauch statt. Selbiger wird auch als Altstoffrecycling bezeichnet und repräsentiert das Recycling, wie es begrifflich im alltäglichen Sprachgebrauch verwendet wird. Produkte, die veraltet, nutzlos geworden oder irreparabel beschädigt sind, werden zu Abfall und durch anschließende Zerlegung oder Umwandlung wieder dem Produktionskreislauf als Rohstoff zugeführt. Als Beispiel kann hier das bereits jahrzehntelang etablierte Verfahren der Metallgewinnung durch die finale Autoverwertung genannt werden. Ursprünglich stand dabei der Gedanke im Vordergrund, dass der Aufwand der Metallgewinnung aus dem Bergbau einen wesentlich höheren Kostenfaktor darstellte als die vergleichsweise kostengeringe

¹² vgl. Wirtschaftslexikon.com: Recycling und Downcycling, URL http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/recycling_und_downcycling/recycling_und_downcycling.htm, (01.01.2014)

¹³ vgl. Wirtschaftslexikon.com: Recycling und Downcycling, URL http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/recycling_und_downcycling/recycling_und_downcycling.htm, (01.01.2014)

¹⁴ vgl. Schneider, U., u.a.: Recyclingfähig konstruieren, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bericht aus Energie und Forschung 21/2011, Wien, URL http://www.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1121_recyclingfaehig_konstruieren.pdf, (01.01.2014)

Gewinnung aus der Autoverwertung. Dies betraf insbesondere Metalle wie Eisen oder Kupfer. Heute sind jedoch nicht nur die Kosten der Gewinnung ein entscheidendes Kriterium, sondern auch die langsam aber stetig versiegenden Ressourcen. Die Elektro-/Elektronikindustrie benötigt große Mengen an Metallen wie Platin, Silizium oder Indium, wodurch diese immer knapper und somit teurer werden, sodass sich mittlerweile das Verwerten von Elektroschrott von einer Vision zu einem unausweichlichen Muss entwickelt hat.¹⁵

2.3 Die Evolution von Recycling – Cradle to Cradle und Urban Mining

Recycling war und ist ein wichtiges Instrument, um die Müllberge der menschlichen Zivilisation nicht grenzenlos weiter anwachsen zu lassen. Allerdings ist Recycling nach Ansicht des Autors trotz aller positiven Aspekte nicht das Allheilmittel für die heutige Abfallproblematik, da damit in Bezug auf die Stoffkreisläufe in der Produktion noch bei weitem nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft sind.

Die Assoziation von wirtschaftlichem Wachstum mit den damit stets verbundenen negativen Folgen wie explodierender Rohstoffverbrauch und weiter zunehmende Abfallmengen ist seit Jahren eines der Kernthemen von Umweltorganisationen wie Greenpeace und Global2000. So wird die Bevölkerung beispielsweise immer wieder dazu aufgerufen, durch bewussteres Einkaufen von (oft teureren) Mehrweggebinden und Waren ohne Verpackungsmaterial die Abfälle zu minimieren oder auf nicht notwendige Konsumgüter so weit wie möglich zu verzichten.

¹⁵ vgl. Bundesministerium für Bildung und Frauen: Recycling von Edelschrott - seltene Metalle wiederverwerten, URL <http://www.schule.at/portale/polytechnische-schule/unterricht/fachbereiche/metall/detail/recycling-von-elektroschrott-seltene-metalle-wiederverwerten.html>, (06.09.2014)

Seitens der EU-Legislative gibt es seit einiger Zeit verstärkt Intentionen, den Müllbergen auf den Deponien oder dem sogenannten Great Pacific Garbage Patch (siehe Abb. , einem riesigen Strudel aus rund 3 Mio. Tonnen Plastikteilchen, welcher zwischen Asien und Amerika im Pazifik treibt,¹⁶ durch ein generelles Verbot von Einweg-Plastiksackerl in der Europäischen Union Herr zu werden.¹⁷

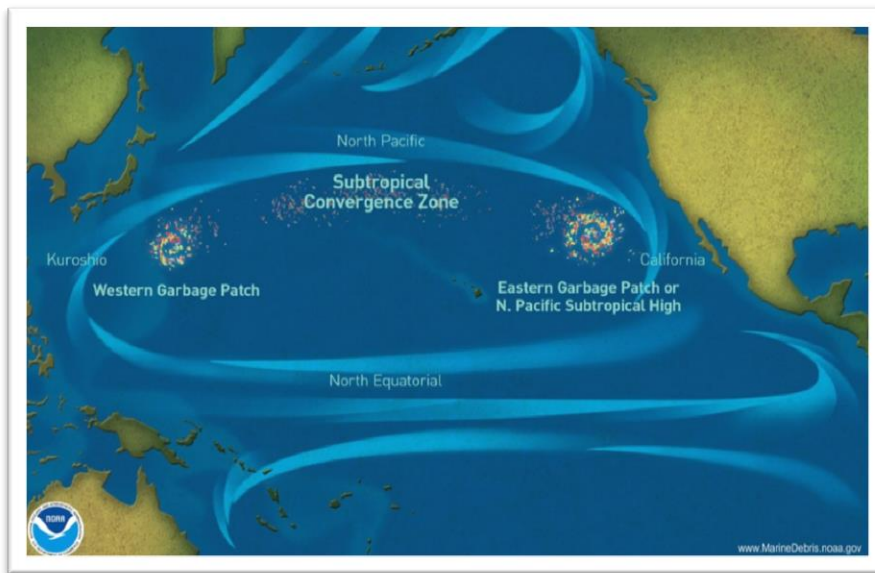


Abbildung 1: Great Pacific Garbage Patch¹⁸

Mit dieser Strategie tragen sowohl Nicht-Regierungs-Organisationen als auch staatliche Behörden der von Meadows und Randers in *Die neuen Grenzen des Wachstums* proklamierten Warnung Rechnung, dass die weltweit verfügbaren Ressourcen auf Grund von Bevölkerungswachstum sowie der zerstörerischen Industrie stark schwinden würden und dem umgehend Einhalt zu gebieten ist. Gefordert wird eine Reduktion der Nutzung von natürlichen Rohstoffen, ein

¹⁶ vgl. Reller, A. u. Holdinghausen, H.: Wir konsumieren uns zu Tode - Warum wir unseren Lebensstil ändern müssen, wenn wir überleben wollen, Frankfurt/Main, 2013, S.105

¹⁷ vgl. Kainrath, V.: „EU-Umweltkommissar will Plastiksackerl-Verbot ermöglichen“, in: derStandard, 04.11.2013, URL <http://derstandard.at/1381370774629/Plastiksackerl-EU-Umweltkommissar-will-Verbot-ermoeneglichen>, (06.09.2014)

¹⁸ vgl. National Geographic Society, Education: Great Pacific Garbage Patch, Pacific trash vortex, URL <http://education.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>, (23.11.2015)

Augenmerk auf maximale Effizienz sowie die Verhinderung der Erosion regenerativer Ressourcen.¹⁹

Ins selbe Horn stoßen auch Lilienfeld und Rathje, indem sie die Verbraucher in die Verantwortung nehmen, welche mit gutem Beispiel vorangehen sollten: „Die Wahrheit ist, dass all unsere größeren Umweltprobleme entweder durch den stetig wachsenden Konsum von Waren und Dienstleistungen verursacht werden oder zu diesen Konsum beiträgt.“²⁰ An anderer Stelle heißt es: „Die beste Möglichkeit, die schädlichen Umwelteinflüsse zu reduzieren, besteht nicht in vermehrtem Recycling, sondern darin, weniger zu produzieren und wegzuworfen.“²¹

Abfallvermeidung bzw. -minimierung durch die Endkunden wären demnach dem Recycling vorzuziehen, da bekanntermaßen auch Recycling aufgrund der Vielzahl und Komplexität der von der produzierenden Industrie verwendeten Materialien häufig an seine Grenzen stößt. Recycling ist demnach in vielen Fällen eher als Downcycling zu betrachten, da die im Abfall vorhandenen Rohstoffe aufgrund ihrer Zusammensetzung nicht mehr in derselben Qualität wie das Ausgangsmaterial separiert werden können. So wird beispielsweise zwar der für Fahrzeuge verwendete hochfeste (=hochwertige) Stahl recycelt, indem man ihn mit anderen Autoteilen inklusive Kupfer aus Autokabeln sowie diversen Farb- und Kunststoffbeschichtungen einschmilzt, allerdings vermindern Letztere die Qualität des recycelten Stahls.²² Dieses Downcycling kann sogar zu einer stärkeren Verschmutzung der Biosphäre führen, da die Farb- und Kunststoffe beim Einschmelzen umwelt- und gesundheitsschädliche Chemikalien wie beispielsweise Dioxin freisetzen. Recycling oder Downcycling sind somit nicht per se umweltfreundlich, speziell dann nicht, wenn eine Aufbereitung der Güter nach

¹⁹ vgl. Meadows, D.H. u.a.: The Limits to Growth - Die neuen Grenzen des Wachstums, Übersetzung: Hans-Dieter Heck, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1972, S.10

²⁰ vgl. Lilienfeld, R. u. Rathje, W.: Use Less Stuff: Environmental Solutions for Who We Really Are, New York, 1998, S.26

²¹ ebd., S.74

²² vgl. Braungart, M. u. McDonough, W.: Cradle to Cradle Einfach intelligent produzieren, München, 2013, S.81

Gebrauch nicht schon bei der Herstellung bzw. beim Produktdesign selbst miteingeplant wurde.²³

2.3.1 Das Cradle to Cradle-Design

Im Gegensatz zu den Strategien der zuvor erwähnten Nicht-Regierungs-Organisationen und staatlichen Institutionen verfolgen der Verfahrenstechniker und Chemiker Michael Braungart und der Architekt William McDonough einen vollkommen anderen Ansatz. Für beide ist es keineswegs sinnvoll, die Konsumenten zu Zwecken der Abfallvermeidung oder zumindest –minimierung zum generellen Verzicht aufzurufen bzw. diesen gar per Gesetz zu erzwingen, da hierbei das eigentliche Problem nicht an der Wurzel gepackt werden kann. Für Braungart und McDonough sind Abfall, Umweltverschmutzung, primitive Produkte und andere negative Effekte nicht das Ergebnis eines moralischen Fehlverhaltens von Unternehmen und Endverbrauchern, sondern lediglich die Folgen eines veralteten und unintelligenten Designs.²⁴ Braungart bemerkt dazu:

„Die Designabsicht hinter der derzeitigen Infrastruktur ist die, ein optisch attraktives Produkt herzustellen, ein Produkt, das erschwinglich ist, den Vorschriften entspricht, seine Funktion erfüllt und lange genug hält, um die Erwartungen der Marktteilnehmer zu befriedigen. Ein solches Produkt erfüllt die Wünsche des Herstellers sowie einige der Erwartungen des Kunden. Aus unserer Sicht sind jedoch Produkte, die nicht im Hinblick auf die Gesundheit der Menschen und der Umwelt entworfen wurden, unintelligent und unelegant – also das, was wir primitive Produkte nennen – PrimTech.“²⁵

Übersetzt bedeutet Cradle to Cradle „von der Wiege zur Wiege“ und beschreibt einen perfekten natürlichen Kreislauf. Das Designkonzept wurde 2002 von

²³ ebd. S.82

²⁴ vgl. Braungart, M. u. McDonough, W.: Cradle to Cradle Einfach intelligent produzieren, München, 2013, S.64

²⁵ ebd., S.58

Braungart und McDonough gemeinsam entwickelt.²⁶ Als Basis diente das Cradle to Grave-Konzept²⁷, bei dem von der Entstehung eines Produkts bis hin zur Deponierung – also dem „Grab“ des Produkts - keine schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt erfolgen sollen.

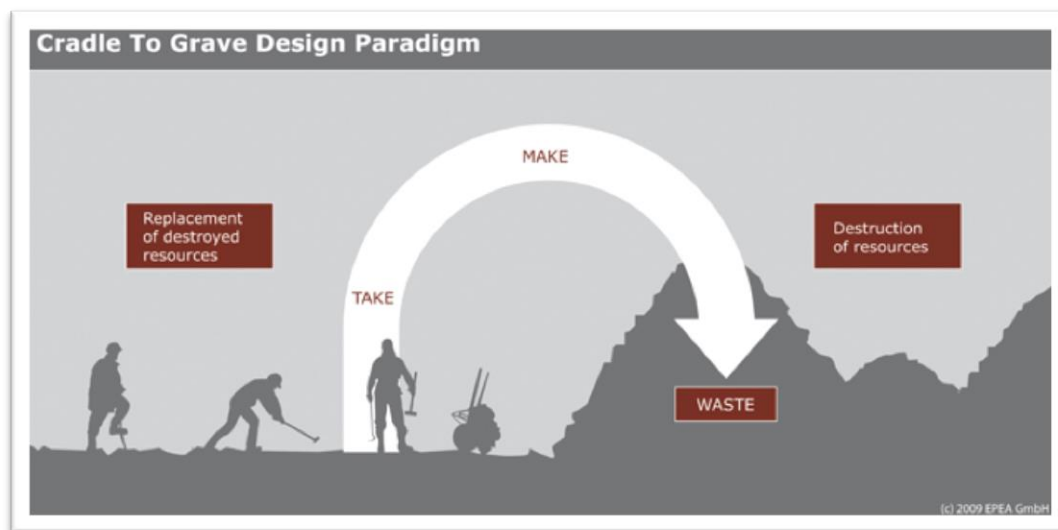


Abbildung 2: Cradle to Grave-Konzept²⁸

Das Cradle to Cradle-Design erweitert diese Aussage von einem geradlinigen Lebenszyklus auf einen kreisförmigen. Dies bedeutet, dass bei der Produktion, der Verwendung und der Verwertung eines Produkts, analog dem Cradle to Grave-Konzept, die Umwelt keinen Schaden nehmen darf und anstatt das Produkt umweltfreundlich zu deponieren, selbiges wieder (vollständig) in den Produktionskreislauf zurückgeführt wird. Somit werden keine Ressourcen verschwendet. Das Auffälligste an diesem Konzept ist jedoch, dass das Augenmerk auch auf die Wertsteigerung in der Produktkette und in den

²⁶ vgl. Gabler Wirtschaftslexikon: Cradle-to-Cradle, Gabler Wirtschaftsverlag GmbH, URL <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/222058/cradle-to-cradle-v6.html>, (01.01.2014)

²⁷ vgl. Bauernfeind, S.: Rücknahme- und Rückgabepflichten im Umweltrecht, Schriften zum Umweltrecht, c) Cradle to Grave-Prinzip, Berlin, 1999, S.130, URL <http://books.google.at/books?id=IbF9WCmOqUC&pg=PA130&lpg=PA130&dq=cradle+to+grave+prinzip&source=bl&ots=MVYJ7-9mYd&sig=Jv8mfXuKqPzbSg8OmJK9Z1Qg8gc&hl=de&sa=X&ei=GNDGUvTxEqKV7Aav94HYCw&ved=0CD0Q6AEwAg#v=onepage&q=cradle%20to%20grave%20prinzip&f=false>, (01.03.2014)

²⁸ vgl. EPEA, The Cradle of Cradle to Cradle : Cradle to Cradle, URL <http://www.epea-hamburg.org/de/content/das-cradle-cradle%C2%AE-designkonzept>, (19.11.2015)

Produktionsprozessen gelegt wird.²⁹ Dies bedeutet, dass richtig geplantes Recycling oder umgesetzter Umweltschutz in Verbindung mit Ressourcenschonung die Rentabilität eines Unternehmens erheblich steigern können. Anstatt den Geschäftsinhaber finanziell zu belasten und unternehmerisch zu schwächen, bergen innerbetriebliche Umweltschutzprozesse, die aus dem Cradle to Cradle-Design abgeleitet werden, viel Potenzial zur Steigerung der Konkurrenzfähigkeit.

Das Cradle to Cradle-Design basiert auf zwei unterschiedlichen Kreisläufen. Zum einen gibt es den ökologischen Kreislauf, der nur Materialien zulässt, die in vollem Umfang als natürlicher Nährstoff dienen können. Dies sind beispielsweise verrottende Textilien, die ohne giftige Rückstände aus dem Gewebe, den Nähten und sogar den verwendeten Farben kompostierbar sind. Somit wird ein Kleidungsstück nach der Verwendung wieder zu neuer Nahrung für Pflanzen, die selbst wiederum zur Gewebeherstellung angebaut werden. Dadurch entsteht ein perfekter Kreislauf, der das Produkt und seine einzelnen Komponenten in keiner Weise abwertet. Es zeigt sich sehr deutlich, dass hier nicht nur auf ein einziges Produktfragment Augenmerk gelegt wird, sondern jedes Detail explizit betrachtet und auf seine Ökoeffektivität geprüft wird.

²⁹ vgl. Braungart, M.: "Vision Cradle to Cradle", URL <http://www.braungart.com/de/content/vision>, (01.01.2014)

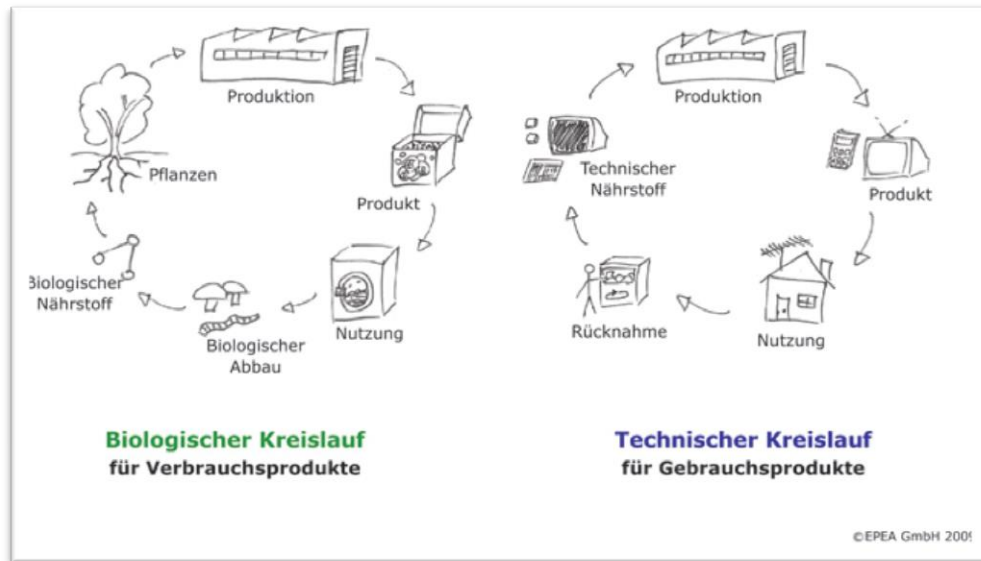


Abbildung 3: Cradle to Cradle Nährstoffkreise³⁰

Im Gegensatz zum Nachhaltigkeitsgedanken, der eine Reduzierung von Abfall und Giftstoffen zwar fordert, jedoch eine vollständige Vermeidung oft nicht vorsieht, könnte bei diesem System quasi Verschwendung ohne negative Auswirkungen betrieben werden. Als End- und Anfangsprodukt steht immer die „Nahrung“ für ein neues Produkt ohne schädliche Auswirkungen auf die Umwelt. Dies wird von Braungart als absolutes Novum seines Konzepts hervorgehoben, da die bisherige Forderung nach Reduzierung und maßvollem Umgang mit Ressourcen im Cradle to Cradle-Design umgekehrt wird (vorausgesetzt, alle Prämissen werden erfüllt). Braungart propagiert somit ein Weg von Minimierungstendenzen hin zur reinen Verschwendung.³¹

Da in unserem Zeitalter der Hochtechnologie nicht nur rein biologisch verträgliche Substanzen bei der Herstellung und Verwendung eines Produkts benötigt werden, führt das Cradle to Cradle-Design den Begriff des technischen Kreislaufs ein. Da bestimmte Grundbausteine nicht ohne weiteres wieder als natürliche Nahrung

³⁰ vgl. EPEA, The Cradle of Cradle to Cradle: Cradle to Cradle, Nährstoffkreisläufe, URL <http://www.epeahamburg.org/de/content/n%C3%A4hrstoffkreisl%C3%A4ufe>, (19.11.2015)

³¹ vgl. EPEA, The Cradle of Cradle to Cradle: Cradle to Cradle, URL <http://epea-hamburg.org/de/content/cradle-cradle%C2%AE>, (18.11.2015)

dienen können, jedoch durch ihre ganz besonderen Eigenschaften nicht umwandelbar oder ersetzbar sind, gilt es nach Ansicht von Braungart, diese Stoffe ohne eine Wertminderung immer in einem geschlossenen Kreislauf zu halten. Hier stellt sich die Herausforderung weniger für die verwendeten Materialien, sondern eher an die Fertigungs- und Wiedergewinnungsprozesse.³²

Im Prinzip bedeutet dies, dass wenn ein Teil eines Produkts nicht als vollständige natürliche Nahrung dienen kann, es als Bauteil selbst immer wieder nach Verwendung in neuen Produkten Platz findet soll und muss. Zum Beispiel sind Metallrollen eines Sessels nicht mehr in den natürlichen Ausgangszustand rückführbar, deshalb werden die Rollen so entwickelt, dass sie nach Verwendung des alten Modells in einem neuen Sesselmodell wieder ihre Funktion finden. Bereits hier wird deutlich erkennbar, dass erheblich mehr Planungsaufwand und Weitblick in der Produktentwicklung notwendig ist, um diese Forderungen auch erfüllen zu können.

Ein Lösungsansatz des Cradle to Cradle-Designs für dieses nicht ganz leicht zu erfassende Thema ist, nicht kurzlebige Produkte des technischen Kreislaufs selbst zu entwickeln und zu verkaufen, sondern nur deren Eigenschaften.³³

So dient beispielsweise der Kauf eines Fernsehbildschirms vordergründig genommen nur dem Wunsch des Kunden nach Fernsehen selbst. Natürlich spielt Ausstattung und Design eine Rolle, aber primär existiert nur ein Zweck. Würde der Hersteller das Fernsehgerät so konzipieren, dass zuerst die Kundenwünsche erfüllt werden, anschließend das Gerät nach Verwendung vom Produzenten wieder zurückgenommen wird, um danach die Bauteile wieder zu neuen Fernsehmodellen zusammenzufügen, so hätte der Hersteller weniger Risiko hinsichtlich einer möglichen Ressourcenverknappung für seine Produktion. Dem Kunden könnte deshalb ein niedrigerer Verkaufspreis angeboten werden, da ja

³² vgl. Braungart, M. u. McDonough, W.: Cradle to Cradle Einfach intelligent produzieren, München, 2013, S.142

³³ vgl. Schuch, M.: Cradle to Cradle-Rohstoffe im Kreislauf, Planet Wissen, Technik, 21.03.2012, URL <http://www.planet-wissen.de/technik/werkstoffe/metallrohstoffe/pwiecradletocradlerohstoffeimkreislauf100.html>, (17.11.2015)

selbiger nicht den Besitz des Fernseherers selbst anstrebt, sondern nur der Zweck des Geräts kaufrelevant ist.

Im übertragenen Sinne funktioniert dieser Prozess analog einer Vermietung. In diesem wird auch vom Vermieter der Erhalt von Substanz und Attraktivität der Wohnung angestrebt und nicht für wechselnde Mieter jeweils eine neue Wohnung gebaut.

Zur Anwendung im größeren Stil kommt das Cradle to Cradle-Design bereits in der Textilindustrie³⁴, im Baugewerbe³⁵ und in der Verpackungsindustrie. Hier werden in der Produktion Materialien verwendet, die vom Kunden nach Gebrauch wieder an den Hersteller zurückgegeben werden können. Vor allem im Baugewerbe findet diese Vorgehensweise großen Anklang, da Baustoffe mittlerweile sehr teuer und die Entsorgungskosten aufgrund laufend verschärfter gesetzlicher Auflagen beim Abriss von Bauten ebenfalls sehr hoch sind.

2.3.2 Das Urban Mining-Konzept

Abschließend soll noch kurz auf das Konzept des Urban Mining³⁶ eingegangen werden, da selbiges im weitesten Sinne auch in der Fahrzeugproduktion zum Einsatz kommen könnte, indem nicht mehr benötigte Produktionshallen und Maschinen mittels Urban Mining abgebaut und wieder einem neuen Verwendungszweck zugeführt werden könnten.

Urban Mining stellt nach Ansicht des Autors deshalb ebenso eine Form des Upcyclings dar, da der neue Verwendungszweck der durch Urban Mining

³⁴ vgl. Trigema.de: Unsere Cradle to Cradle Shirts, Shop, URL http://www.trigema.de/shop/page/kompostierbar_page/detail.jsf, (03.01.2014)

³⁵ vgl. This - Fachmagazin für erfolgreiches Bauen, Kanalbau: Nachhaltiger Tiefbau- Produktzertifizierung durch Cradle to Cradle, 16.11.2013, URL http://www.this-magazin.de/artikel/tis_Cradle_to_Cradle-_Produktzertifizierung_1838603.html, (03.01.2014)

³⁶ vgl. Kranner GmbH: „Urban Mining - facts and figures“, InternetBlog, URL <http://www.urbanmining.at/>, (03.01.2014)

gewonnen Materialien gleich- oder sogar höherwertig sein kann. Auf eine nähere Anwendung von Urban Mining anhand eines praktischen Beispiels kann jedoch in dieser Arbeit aufgrund des vordefinierten Rahmens nicht eingegangen werden.

Übersetzt bedeutet Urban Mining „städtischer Bergbau“ und meint das Finden von Rohstoffquellen innerhalb von Ballungszentren. Der Grundgedanke dabei ist, dass sich eine Vielzahl von Rohstoffen in Gebäuden, Abfällen und anderen Dingen des täglichen Lebens in und rund um moderne menschliche Siedlungen befinden. Würde man diese kartografisch erschließen, müsste der Bedarf an einem gewissen Rohstoff nicht mehr über herkömmlichen Bergbau gedeckt, sondern könnte über freie Rohstoffquellen direkt in den Städten bezogen werden. Dieses Konzept spart beim Einsatz von herkömmlichem, kostenintensivem Bergbau und trägt aus dieser Tatsache resultierend zur Reduzierung der Umweltzerstörung durch Rohstoffgewinnung bei.

Die Vorgänge beim Urban Mining erstrecken sich aber nicht nur auf die geografische Erfassung von Rohstoffen, sondern auch auf das Messen der Rohstoffdichte und der damit verbundenen Forschung nach Messinstrumenten, der finanziellen Betrachtung der Schürfung, der Forschung nach Techniken, um einzelne Rohstoffe aus Baugruppen herauszutrennen oder herauszulösen, und der vorgelagerten Planung, um Urban Mining überhaupt möglich und demnach effizienter zu machen. Als Beispiel wäre hier der Einsatz von Gebäudepässen zu nennen, die über die stoffliche Zusammensetzung und über Konzentration der Einzelstoffe bereits bei der Errichtung von Bauwerken Auskunft bieten, zusätzlich aber auch noch kartografische Informationen enthalten.³⁷

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass natürliche Rohstoffquellen der Endlichkeit unterworfen sind und noch vor deren vollkommenem Versiegen durch Alternativen ersetzt werden müssen. Konzepte wie Cradle to Cradle als natürlicher Kreislauf ohne schädliche Auswirkungen auf die Umwelt oder Urban

³⁷ vgl. Kranner GmbH: „Urban Mining - facts and figures“, InternetBlog, URL <http://www.urbanmining.at/>, (03.01.2014)

Mining stellen einerseits mögliche Lösungsansätze für die Rohstoffproblematik der Zukunft dar, andererseits könnten sie zusätzlich die Lebensqualität von heutigen und zukünftigen Generationen sichern.

3 Die Mercedes G-Klasse und der Produktionsstandort Graz

3.1 Historie der Mercedes G-Klasse

Als die G-Klasse als gemeinsames Projekt der Daimler AG und Steyr Daimler Puch AG erstmal 1979 auf dem Parkett der internationalen Automobilindustrie erschien, konnte niemand vorhersehen, welche Erfolgsgeschichte damit begonnen hatte. Über einen Zeitraum von fast vier Jahrzehnten konnte sich die G-Klasse durch unterschiedliche Gründe einen Nischenplatz auf dem Automobilmarkt erkämpfen. Zum einen überwand „Der G“ die Kluft zwischen spartanischem Allrad-Fahrzeug und komfortablem Premium-Fahrzeug, zum anderen war dieser „Offroader“ durch laufende Weiterentwicklung ein absoluter Technologieträger. So wurde beispielsweise von den Entwicklungsingenieuren der Leiterraahmen als Fahrzeug-basis verbessert und dahingehend modifiziert, dass einerseits maximale Steifigkeit im Gelände und andererseits optimale Straßenfahreigenschaften kombiniert wurden. Die Verwendung von Differentialsperren sowohl an der Vorder- als auch an der Hinterachse garantierte ein Maximum an Vortrieb auf widrigstem Terrain.

In den 1980er Jahren wurden die Absätze der Automobilindustrie durch die Ölkrise stark in Mitleidenschaft gezogen. Zusätzlich wurden die Forderungen der Öffentlichkeit nach Umweltschutz und Umweltverträglichkeit immer lauter. Um die hart erkämpfte Nischenposition nicht zu verlieren, reagierten die Entwickler der G-Klasse prompt und integrierten bereits im Jahr 1983 einen Abgas-Katalysator und

erweiterten die Modellpalette von den herkömmlichen, treibstofffressenden Vergaser-Modellen um spritsparende Einspritzer-Modelle.³⁸



Abbildung 4: Mercedes AMG G 65 V12 ³⁹

Das starke Augenmerk auf kontinuierlichen technischen Fortschritt wurde bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik Graz, so der neue Name des Produktionsstandortes nach Übernahme durch den austrokanadischen Magna-Konzern, weiter beibehalten. Im Rahmen sogenannter Modellpflegen werden in regelmäßigen Abständen Produktneuerungen eingeführt und (technische) Schritte Richtung Zukunft gesetzt. In der Modellpflege 2012 lag der Schwerpunkt beispielsweise auf Fahrzeugsicherheit, indem Assistenz-Systeme wie der Abstandsregelassistent DISTRONIC integriert wurden. Zudem wurde die G-Klasse, die lange bei Mercedes-Benz in der Sparte der Nutzfahrzeuge geführt wurde, qualitäts- und ausstattungsstechnisch in die Premium-PKW-Sparte überführt. Dies hatte auch zur Folge, dass die Motorenpalette um zwei Hochleistungstriebwerke der Firma AMG erweitert wurde.

³⁸ vgl. Lehmann, O.: W463.de-Alles zum Thema Mercedes G-Modell, G-Baureihen, URL <http://www.w463.de/g-baureihen.htm>, (17.11.2015)

³⁹ vgl. Autoviva.com : G-Class, Pictures, AMG G65, URL http://www.autoviva.com/slideshow.php?element=news&ref_id=3501&first_id=94612, (19.11.2015)

All diese Verbesserungen trugen sicherlich dazu bei, das Fahrzeug an den Zeitgeschmack anzupassen und langfristig auf dem globalen Automobilmarkt zu positionieren. Der Gesamteindruck lässt hinsichtlich Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit jedoch noch viel Potential erkennen. Die Designstrategie der Synergien-Nutzung – dies bedeutet, Bauteile aus anderen Baureihen zu entlehnen, um Varianz und Einkaufspreise für Bauteile auf einem optimalen Niveau zu halten - wird auch bei der G-Klasse aus wirtschaftlichen Gründen konsequent verfolgt.

3.2 Magna Steyr Fahrzeugtechnik Graz und die G-Klasse

Wie zuvor bereits erwähnt, wurde bei der G-Klasse sowohl aus Sicht der Entwicklung als auch der Produktion immer versucht, dieses Fahrzeug auf neuestem technischen Stand zu halten, um die Nischenposition und somit die Wettbewerbsfähigkeit nicht aufgeben zu müssen. Dies verstärkt nach dem Jahrtausendwechsel, als jene Stimmen immer lauter wurden, dass dieses Fahrzeug seinen Zenit längst überschritten hätte und somit ein „End of Production Date“ - kurz EOP - unausweichlich wäre. All diesen Unkenrufen zum Trotz konnte sich die G-Klasse nicht nur weiterhin auf dem globalen Automobilmarkt behaupten, sondern ihre Verkaufszahlen sogar kontinuierlich steigern. Wurden doch von 2009 bis 2013 die Absatzzahlen der G-Klasse sogar verdreifacht.⁴⁰

Solche Absatzsteigerungen haben unweigerlich große Auswirkungen auf die Produktion. Um die großen Stückzahlen bei der Herstellung noch abbilden zu können, musste im Jahr 2013 einerseits die gesamte Produktionsstrecke modernisiert und andererseits Vormontagen zwecks Raumgewinnung in andere Hallen ausgelagert werden. Somit konnten die ca. 28.000 m² der Montagehalle leistungstechnisch optimiert werden. Andererseits wurde auch in Hinblick auf

⁴⁰ vgl. Daimler: Investor Relations, Nachrichten 10.Jänner 2014, URL <https://www.daimler.com/dccom/0-5-7171-49-1663637-1-0-0-0-0-0-9296-7164-0-0-0-0-0-0-0.html>, (07.09.2014)

künftige Absatzsteigerungen der Entschluss gefasst, die größtenteils einschichtig betriebene Fertigung auf zwei Schichten auszudehnen.⁴¹

In Zahlen ausgedrückt, bedeutet dies, dass durchgehend 17 Stunden je Arbeitstag, 1.700 Montagemitarbeiter gesamt, mit der Produktion der G-Klasse beschäftigt sind. Hinzukommen hier noch Mitarbeiter des First-Level-Supports aus Abteilungen wie Instandhaltung, Qualitätssicherung, IT und Planung.

Zusätzlich arbeiten mehrere Teams zeitgleich an der Umsetzung verschiedenster Fahrzeugprojekte und deren Integration in das Montageprogramm. Obwohl der „G“ noch vieler nicht-automatisierter Prozesse bedarf, werden pro Arbeitstag am Produktionsstandort Graz rund 70 Fahrzeuge produziert.

Die G-Klasse ist zwar jenes Fahrzeug, das am Standort Graz bisher am längsten gebaut wurde und wird, jedoch reiht sich die Fertigung dieses Geländewagens selbst in eine bereits länger währende Erfolgsgeschichte ein.

Im Jahre 1899 legte Johann Puch den Grundstein für die „Johann Puch Erste Steiermärkische Fahrrad-Fabriks-Aktiengesellschaft“ in Graz.⁴² Durch die Fusionierung der Austro-Daimler-Puchwerke AG, einem fahrzeug- und fahrradproduzierenden Nachfolger des 1899 gegründeten Betriebes, und der oberösterreichischen Fahrzeugproduktion Steyr Werke AG, entstand im Jahre 1934 die heute noch sehr bekannte Steyr-Daimler-Puch AG.

Bereits in den 1960-Jahren umfasste die Produktpalette dieser Firma, die über fünf unterschiedliche, über ganz Österreich verteilte Standorte verfügte, nahezu alle nur erdenklichen zivilen Fortbewegungsmittel wie LKWs, PKWs, Motorräder, Motor-fahrräder, Fahrräder, Traktoren und Busse, sowie zusätzlich eine Waffenproduktion und die Herstellung von rad- und kettengetriebenen

⁴¹ vgl. Auto.de : Mercedes G-Klasse : Handarbeit im Zwei-Schicht-Betrieb, Magazin, News, Mercedes Benz, URL <http://www.auto.de/magazin/mercedes-g-klasse-handarbeit-im-zwei-schicht-betrieb/>, (17.11.2015)

⁴² vgl. Magna.com : Kompetenzen, Über Magna Steyr, Historie, URL <http://www.magnasteyr.com/de/kompetenzen/fahrzeugentwicklung-und-auftragsfertigung/about-magna-steyr/history>, (17.11.2015)

Militärfahrzeugen. Als zusätzlichen Wirtschaftsbereich verfügte man auch über eine Fabrikation von Wälzlagern.⁴³

Im Jahr 1998 erfolgte der nächste Schritt hin zur heutigen Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG und Co KG, als die Magna Holding AG nahezu alle Anteile – jene der Waffenschmiede Steyr Mannlicher ausgenommen - der Steyr-Daimler-Puch AG aufkaufte, sich im gleichen Jahr von der Militärsparte trennte und die verbleibende Steyr-Sparte in Graz in die Magna Holding vollständig eingliederte.⁴⁴

Seitdem wurde das von Johann Puch gegründete Werk in Graz immer weiter ausgebaut und modernisiert. Da sich die Magna Steyr Fahrzeugtechnik nicht nur alleine auf die Fahrzeugproduktion, sondern auch auf Entwicklungsdienstleistungen rund um das Thema Automobil spezialisiert hat, nahmen schon viele renommierte Hersteller das Know-how der Grazer im Automotivebereich in Anspruch und entstanden so unter der Federführung der Magna Steyr Fahrzeugtechnik viele international bekannte Produkte auf dem Fahrzeugsektor.⁴⁵ Das dies auch heute noch so ist, wird durch die Beauftragung von Jaguar Land Rover und die Folgebeauftragung von BMW - als Ersatz für die auslaufende Fertigung des Mini - im Jahr 2015 belegt.⁴⁶ ⁴⁷ Dass der langjährige Geschäftspartner von Magna, Mercedes-Benz, ebenfalls weiter auf die Qualität

⁴³ vgl. TU-Graz/AEIOU.at: Österreich Lexikon, Steyr-Daimler-Puch AG, URL <http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.s/s853211.htm>, (17.11.2015)

⁴⁴ vgl. Haflinger-Ersatzteile.at: Geschichte des Unternehmens Steyr-Daimler-Puch, Home, Kundenbereich, URL <http://www.haflinger-ersatzteile.at/index.php/de/start-de/kundenbereich/geschichte-des-unternehmens-steyr-daimler-puch>, (17.11.2015)

⁴⁵ vgl. Magna.com: Kompetenzen, Über Magna Steyr, Referenzen, URL <http://www.magnasteyr.com/de/kompetenzen/fahrzeugentwicklung-und-auftragsfertigung/about-magna-steyr/references>, (17.11.2015)

⁴⁶ vgl. Wirtschaftsblatt.at: Jaguar Land Rover lässt künftig Autos bei Magna Steyr in Graz bauen, Nachrichten, Österreich, 03.07.2015, URL <http://wirtschaftsblatt.at/home/nachrichten/oesterreich/steiermark/4767948/Jaguar-Land-Rover-laesst-kunftig-Autos-bei-Magna-Steyr-in-Graz-bauen>, (17.11.2015)

⁴⁷ vgl. KleineZeitung.at: 5000 neue Jobs in der steirischen Autoindustrie, Steiermark, Graz, 09.07.2015, URL http://www.kleinezeitung.at/s/steiermark/graz/4773108/Bis-2018_5000-neue-Jobs-in-der-steirischen-Autoindustrie, (17.11.2015)

des Grazer Standortes setzt, beweist die Vertragsverlängerung für die Fertigung der G-Klasse bis zum Jahr 2022.⁴⁸

Derzeit werden bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik rund 5.800 Mitarbeiter beschäftigt, die geplanten Anläufe der Neuprojekte im Jahr 2017 und deren hohe Lieferstückzahlen, deuten aber auf eine zukünftige Aufstockung des Personals im großen Stil hin.⁴⁹ Die Tatsache, dass Magna Steyr im Jahre 2014 der am stärksten wachsende Betrieb Österreichs war, legt sehr eindrucksvoll die ökonomische Relevanz nicht nur für den Standort Graz, sondern auch für die gesamte Region und für die bundesweiten Zulieferbetriebe offen.⁵⁰ Diese herausragende Position geht jedoch auch mit der Verantwortung einher, Wettbewerbsfähigkeit durch Innovation und Fortschritt zu erhalten und in der Zukunft weiter auszubauen.



Abbildung 5: Werk der Magna Steyr Fahrzeugtechnik Graz ⁵¹

⁴⁸ vgl. Magna.com: News Release – Production of the Mercedes G-Class at Magna Extended Through 2022, Media, Press Releases and News, October 20, 2014, URL <http://www.magnasteyr.com/media/press-releases-news/releases-news/2014/10/20/news-release---production-of-the-mercedes-benz-g-class-at-magna-extended-through-2022>, (17.11.2015)

⁴⁹ ebd.

⁵⁰ vgl. Industriemagazin.at: Die Überflieger, Rankings, Industrieunternehmen, Die Wachsenden, 2014, URL <http://industriemagazin.at/rankings/industriebetriebe>, (17.11.2015)

⁵¹ vgl. KleineZeitung.at: Gestalten Sie die Mobilität der Zukunft, Steiermark, Job, 30.04.2014, URL <http://www.kleinezeitung.at/s/karriere/kompasstechnik/3809269/Gestalten-Sie-die-Mobilitaet-der-Zukunft>, (19.11.2015)

4 Verwendete (Roh)Stoffe in der Automobilindustrie

Die Automobilindustrie verwendet heute eine Vielzahl unterschiedlichster Stoffe, um ein Kraftfahrzeug herzustellen. Dies beginnt bei Metallen und Metalllegierungen, geht über natürliche Rohstoffe wie Leder, Kautschuk, Baumwolle und Holzfasern bis hin zu Kunststoffpolymeren. Zu den verschiedenen Materialien des Fahrzeugaufbaus gehören aber auch die Flüssigkeiten in Automobilen, wie beispielsweise Motoren- und Getriebeöle, Brems- und Kühlflüssigkeiten, Klimagase und natürlich auch Treibstoffe.

4.1 Metalle im Kraftfahrzeugbau

Am Beginn des Produktzyklus eines Automobils kommen alle Stoffgruppen zur Anwendung, die ein Kraftfahrzeug ausmachen. Einer der ältesten, die im Fahrzeugbau Verwendung finden, ist die Gruppe der Metalle.

Seit jeher werden Motoren und Getriebe wegen ihrer Temperatur-, Verschleiß- und Druckbelastungen aus Metallen hergestellt. Wurde früher noch Gusseisen bedingt durch den Mangel an Bearbeitungstechnologien und alternativen Rohstoffen verwendet, so kommen heute spezielle Metalllegierungen oder sogar Nicht-Metalle zum Einsatz. Dies hat zwar den Vorteil, dass erheblich leichter, kompakter und materialeffizienter gebaut werden kann, erfordert aber zum Beispiel bei der Herstellung von Metalllegierungen zusätzlich den Einsatz von Elementen wie Chrom, Nickel, Magnesium, Vanadium und Silizium. Der Einsatz der damit verbundenen Technologie ermöglicht zwar kleinere Fertigungstoleranzen und eine leichtere, kompakte Bauweise, führt aber im

Gegenzug zu einem verstärkten Ausbau der globalen Schürfung ebendieser Elemente.⁵²

Im Zuge der technischen Weiterentwicklung löste Aluminium den Werkstoff Eisen bzw. veredelt Stahl als Top-Metall ab.⁵³ Bei der Herstellung dieser beiden Werkstoffe wird jedoch sehr viel Energie benötigt, die früher durch intensivierten Kohlebergbau zur Versorgung der Hochöfen für kalorische Schmelzverfahren gewonnen wurde, und heute durch den Ausbau der Stromnetze und Kraftwerksinfrastruktur für elektrische Schmelzverfahren gewonnen wird.

Durch den Einsatz von immer mehr Elektrik und Elektronik im Automobilbau stieg auch der Verbrauch von Kupfer für den Leitungsbau und Silizium für die Platinen-Herstellung. Mittlerweile versucht man, Kupferleitungen durch Glasfaser-Stränge zu ersetzen, jedoch werden für elektronische Komponenten auch immer mehr seltene Erden benötigt.⁵⁴

4.2 Seltene Erden im Fahrzeugbau

Diese Erden werden auch als „Verstärkermetalle“ bezeichnet, da sie bestimmte physikalische Eigenschaften anderer Metalle „boosten“ können.⁵⁵ Im Automobilbau nutzt man diese speziellen Eigenschaften für Polituren, in der Batterieherstellung, im Katalysatorbau, bei der Glasherstellung und bei

⁵² vgl. Lucas, R. : Verborgene Schätze – Edelmetalle und Selten Erden im urbanen Bereich, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Fachkongress für urbanen Umweltschutz: Meinung-Konzepte-Zukunft, Iserlohn, 25. März 2010, URL http://www.urban-mining.com/fileadmin/pdfs/vortraege/Lucas_UrbanMining_240310.pdf, (17.11.2015)

⁵³ vgl. Initiative „AutoBerufe – Mach Deinen Weg!“ Wirtschaftsgesellschaft des Kraftfahrzeuggewerbes GmbH: Eisen und Aluminium - zwei unverzichtbare Metalle im Auto, URL <http://www.chemie-am-auto.de/metalle/index.html>, (06.09.2014)

⁵⁴ vgl. Elektronik Kompendium.de: Seltene Erden, Themen, Elektronik Grundlagen, Elektrotechnische Physik, Selten Erden (Scandium Yttrium Lanthan) URL <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/1607251.htm>, (17.11.2015)

⁵⁵ vgl. Hackenberg, U.: Seltene Erden, Viavision – VolkswagenGroup Nachrichten, Nr.01/2012, S.6-8, URL <http://www.viavision.org/ftp/703.pdf>, (05.01.2014)

elektrischen Bauteilen wie Magnete für Generatoren sowie Relais, Zündkerzen, Lambdasonden und Leuchtmitteln.

Global betrachtet kommen diese Erden häufiger vor als gemeinhin angenommen, jedoch stets in sehr geringer Konzentration, sodass die Förderung bis auf wenige Gebiete weltweit höchst unwirtschaftlich ist. Bei diesen wirtschaftlichen Lagerstätten ergibt sich jedoch eine zusätzliche Problematik, da die Seltenerdmetalle meist nur in Verbindung mit dem radioaktiven Element Thorium vorkommen.⁵⁶ Da dieses zwar nahezu überall auf unserem Planeten existiert, ist der Mensch von Natur aus bereits geringen Dosen von Thorium ausgesetzt, indem es durch Wasser und Nahrung vom Körper aufgenommen und in den Knochen eingelagert wird. Gesundheitlich problematisch wird Thorium jedoch durch eine Aufnahme über die Atemwege, wie dies verstärkt im Bergbau und in der Nähe von Thorium-Deponien passiert.

Durch das Einatmen von stärker kontaminierten Staubpartikeln – verursacht beispielsweise durch Erosion - kann Thorium verschiedenste Arten von Krebs-erkrankungen bei Mensch und Tier auslösen.⁵⁷

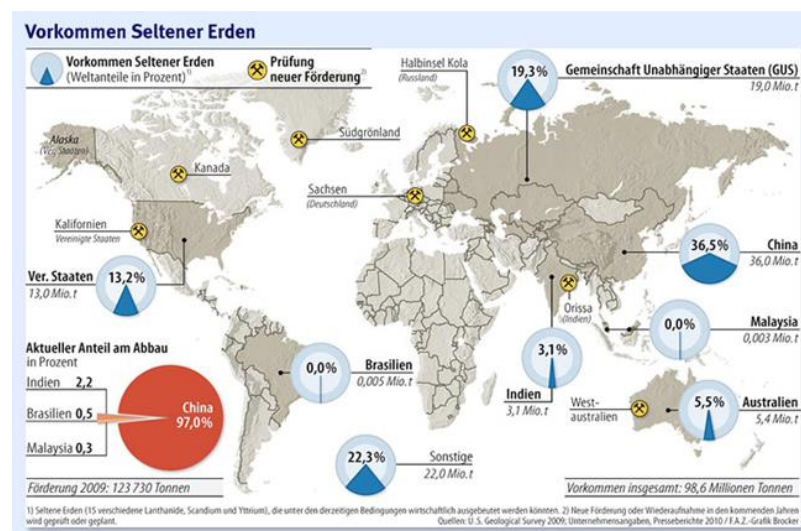


Abbildung 6: Weltweite Vorkommen Seltener Erden⁵⁸

⁵⁶ vgl. Tradium GmbH: Seltene Erden - Verwendung, URL <http://www.tradium.com/produkte/seltene-erden/>, (06.09.2014)

⁵⁷ vgl. Lenntech B.V.: Periodensystem, Elemente, Thorium, URL <http://www.lenntech.de/pse/elemente/th.htm>, (16.02.2014)

4.3 Naturstoffe im Fahrzeugbau

Eine weitere Stoffgruppe im Fahrzeugbau stellen die Naturstoffe dar. Hier sind als wichtigste Vertreter Kokos, Holz und Hanf ebenso wie Leder und Kautschuk zu erwähnen. Faserstoffe wie Kokos und Hanf werden sehr oft als Füllmaterial in Autositzen oder als strapazierfähiges Oberflächengewebe für stark beanspruchte Bereiche im Automobil verwendet. Qualitativ hochwertige Fußmatten oder Innenraumteppiche werden zum Beispiel aus Kokosgewebe hergestellt.

Holz hat sich nicht nur als Edelvariante von Zierteilen sondern auch in seiner transformierten Form als Zellulose seinen Weg als Rohstoff für moderne Automobile gebahnt. Der Einsatz von billigem Holz für die Zellulose-Gewinnung treibt wiederum die Vernichtung von natürlichen Mischwäldern durch Monokulturen voran. Von ökologisch noch weitreichender Relevanz ist die Flächenrohdung von ganzen Waldgebieten wie beispielsweise in der russischen Taiga. Zusätzlich verursacht der globale Transport dieser Naturstoffe eine erhöhte CO₂-Belastung und steigert den Verbrauch von Erdöl als Grundbaustein für Treibstoff.

Die Naturstoffe Leder und Kautschuk werden im Bereich Oberflächen und Dämpfung verwendet, beispielsweise Leder in der Fertigung von Sitzen, Verkleidungen und Planen, Kautschuk hingegen bei der Herstellung von Gummi-Bauteilen wie Reifen, Puffern, Knöpfen, Anschlägen und Tüllen.⁵⁹

Die Verwendung von Naturstoffen reduziert zwar den Einsatz von Kunststoffen in der Automobilindustrie, stellt aber neue Herausforderungen an die schonende Ge-

⁵⁸ vgl. Grossarth, J. : Weder Erden, noch selten, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Wirtschaft, Rohstoffe, 31.10.2010, S.1, URL <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/rohstoffe-weder-erden-noch-selten-16739.html>, (20.11.2015)

⁵⁹ vgl. Seilnacht, T.: Kautschuk - Gummi, Lexika, Polymere, URL http://www.seilnacht.com/Lexikon/k_gummi.html, (17.11.2015)

winnung ebendieser Rohstoffe dar, da der Ausbau von Kokos- und Kautschuk-Plantagen zumeist mit der Rodung von Regenwäldern und Landraub einhergeht und global betrachtet die negativen Effekte die positiven oftmals überwiegen.

Die Zucht von Tieren für die Ledergewinnung verschlingt Unmengen an Trinkwasser und kontaminiert durch die Gerbung und Färbung von Leder Erdreich und Trinkwasser zusätzlich mit Schwermetallen wie beispielsweise Chrom.⁶⁰

Die Verwendung von natürlichen Rohstoffen in der Fahrzeugproduktion stellt also nicht zwangsläufig einen ökologischen Vorteil dar. Hier sei einmal mehr auf den von Braungart propagierten „technischen Kreislauf“ des Cradle to Cradle-Konzepts verwiesen, wo gegebenenfalls der Einsatz von exakt für einen speziellen Anwendungszweck designten künstlichen Stoffen gegenüber den natürlichen aufgrund der negativen Nebeneffekte der Vorzug zu geben ist.

4.4 Kunststoffe im Fahrzeugbau

Eine weitere wichtige Stoffgruppe im Automobilbau ist jene der Kunststoffe. Hierbei werden drei Gruppen unterschieden - die Thermoplaste (thermisch verformbar), die Duroplaste (bei Zimmertemperatur hart und spröde; verkohlen bei höheren Temperaturen) und die Elastomere (sind bei Zimmertemperatur weich und elastisch).⁶¹ In der Fahrzeugindustrie kommen vorwiegend Thermoplaste im Bereich der Anbauteile beim Interieur und Exterieur und Elastomere – wie zum Beispiel Polyurethan-Weichschäume - als Füllmaterial in Verkleidungsteilen im Fahrzeug-Innenraum zur Anwendung.⁶²

⁶⁰ vgl. Busse, T.: Schick, aber schädlich, Stern.de, Gesundheit, Lederschuhe, URL <http://www.stern.de/gesundheit/lederschuhe-schick--aber-schaedlich-3176066.html>, (23.11.2015)

⁶¹ vgl. Seilnacht, T.: Definition und Einteilung – Kunststoffe Monomere Polymere, Lexika, Polymere, URL http://www.seilnacht.com/Lexikon/k_eint.html, (16.02.2014)

⁶² vgl. Handke, K.: Polyurethan, Kunststoff-Handelsnamen.de, IT&I GmbH, Produktklassen, Polyurethan, URL <http://www.kunststoff-handelsnamen.de/Default.aspx?tabid=324>, (19.11.2015)

Die Geschichte der Kunststoffe begann bereits 1531, als ein Augsburger Mönch durch thermische Behandlung aus Käse Kasein – oder auch Kunsthorn – herstellte. Mitte des 18. Jahrhunderts experimentierten einige Forscher mit Chlorverbindungen, Nitraten und Harzen, um immer mehr Alltagsgegenstände aus diesen künstlichen Stoffen herzustellen.⁶³

In der Zwischenkriegszeit des 19. Jahrhunderts gewann die chemische Forschung immer mehr an Bedeutung und beschleunigte zusätzlich den Siegeszug der Kunststoffe. Je nach Zusammensetzung der Kunststoffmoleküle konnten bestimmte Eigenschaften erzielt werden, Zugaben zu den chemischen Verbindungen – auch Additive genannt- verstärkten diese Eigenschaften noch weiter. Eines ist allen Kunststoffe gemein: Sie sind sehr widerstandsfähig gegenüber natürlicher Korrosion. Dies gilt auch in Bezug auf die Nichtlöslichkeit in Wasser, einer Eigenschaft die auf den Grundbaustein von Kunststoffen, nämlich Kohlenstoff aus der Ressource Erdöl, zurückzuführen ist.⁶⁴

So vielseitig Kunststoff auch einsetzbar ist und je nach Art – über 200 Kunststoffarten sind heute bereits bekannt⁶⁵- unterschiedliche Eigenschaften zeigen kann, so problematisch stellt er sich am Ende der Produktlebenszeit dar.

Um Kunststoffe einem effizienten Recycling zuführen zu können, muss der Abfall sortenrein getrennt werden. Dies ist oft kaum möglich, da auf der einen Seite die Vielzahl an unterschiedlichen Arten eine Sortierung erschweren, und auf der anderen Seite spezifische Additive die eindeutige Trennung nahezu unmöglich machen.⁶⁶ Deshalb wird ein kleiner Prozentsatz zerkleinert als Dämmstoff verwendet, die meisten Kunststoff-Abfälle werden heutzutage jedoch in

⁶³ vgl. Technikatlas: Geschichte des Kunststoffs, URL <http://www.technikatlas.de/~tb4/geschichte.htm>, (16.02.2014)

⁶⁴ vgl. Seilnacht, T.: Definition und Einteilung – Kunststoffe Monomere Polymere, Lexika, Polymere, URL http://www.seilnacht.com/Lexikon/k_eint.html, (16.02.2014)

⁶⁵ vgl. FCIO-Chemische Industrie: Wie viele verschiedene Kunststoffe gibt es?, Wissenswertes über Kunststoff, 2008, URL <http://extranet.fcio.at/DE/kunststoffe.fcio.at/Wissenswertes%20%C3%BCber%20Kunststoff/Basiswissen%20zu%20Kunststoffen/Wie%20viele%20verschiedene%20Kun1686/Wie+viele+verschiedene+Kunststoffe+gibt+es.aspx>, (16.02.2014)

⁶⁶ vgl. Technikatlas.de: Kunststoffrecycling, URL <http://www.technikatlas.de/~tb4/recycling.htm>, (16.02.2014)

Verbrennungsanlagen zur Strom- oder Wärmeerzeugung genutzt. Da jedoch Langzeitstudien für die meisten Verbrennungsrückstände fehlen, sind Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt nur schwer abzuschätzen. Dass die Abgase von Müllverbrennungsanlagen Chlor, Arsen, Cyanwasserstoff -oder auch Blausäure-, Blei, Cadmium und andere Dioxine enthalten und diese Stoffe zu den umweltgefährdenden Giftstoffen zählen, ist jedoch bereits länger bekannt.⁶⁷

4.5 Funktionsflüssigkeiten im Fahrzeugbau

Die letzte Stoffgruppe im Automobilbau ist jene der Funktionsflüssigkeiten. Diese Gruppe beinhaltet die allseits bekannten Schmieröle für den Anwendungsbereich Motor und Getriebe. Die beiden Ölgruppen unterscheiden sich nur geringfügig voneinander, oft nur durch marginale Beifügungen von Additiven, um bestimmte Eigenschaften wie beispielsweise die Viskosität (Fließfähigkeit) zu beeinflussen. Weiters finden auch Hydrauliköle im Fahrzeugbau Verwendung, hier vorwiegend bei Lenksystemen oder Dämpfersystemen. Diese Hydrauliköle werden durch Additivbeimengungen gezielt auf ihre Einsatzfunktion abgestimmt, sind im Grunde aber dieselben Öle wie in Getrieben und Motoren.

Eine Untergruppe bilden die Funktionsflüssigkeiten auf Wasserbasis. Da Motoren starken thermischen Belastungen durch die Verbrennung von Treibstoff ausgesetzt sind, müssen diese gekühlt werden. Wasser stellt dabei eine sehr gute Kühl-flüssigkeit dar, weshalb die meisten Motoren auch mit einem Wassergemisch gekühlt werden. Gemisch deshalb, da reines Wasser in den Wintermonaten gefrieren, sich im Motor ausdehnen und dadurch schwere Schäden verursachen würde. Aus diesem Grund werden dem Wasser sogenannte Frostschutzmittel

⁶⁷ vgl. Greenpeace Austria: Brennpunkt Abfallverwertung, Greenpeace-Check nach HCB-Skandal: Wie sicher sind Zementwerke in Österreich?, Report August 2015, Kapitel 5 - Luftemissionen, S.20, URL http://www.greenpeace.org/austria/Global/austria/dokumente/Reports/Umweltgifte/GP_HCB_Report_web.pdf, (20.11.2015)

hinzugefügt, wie beispielsweise das - spätestens seit dem österreichischen Weinskandal 1985 allseits bekannte - für den Menschen giftige Glykol.⁶⁸

Abgesehen von Glykol als Frostschutz beinhaltet Kühlflüssigkeit aber noch andere Substanzen, wie zum Beispiel Alkaliseifen und Benzoesäuren als Korrosionsschutz oder Mikrobiozide, um Keime und Bakterien im Kühlwasser abzutöten. Hierbei können bis zu 500 unterschiedliche Substanzen zum Einsatz kommen.⁶⁹

Eine weitere Flüssigkeit auf Glykolbasis ist die Bremsflüssigkeit. Früher wurde diese als Bremsöl bezeichnet, weil mineralische Öle die Funktion der hydraulischen Kraft-übertragung übernahmen. Heute ist diese Nomenklatur eher irreführend, da moderne Bremsflüssigkeiten mit Ölen nichts mehr gemein haben. Diese bestehen heute zumeist aus Polyglykol- oder Ethylenglykol-Verbindungen.⁷⁰ Da Bremsflüssigkeit stark hygroskopisch (wasseranziehend) ist, muss diese unabhängig von der Laufleistung alle zwei Jahre getauscht werden. Bremsflüssigkeit ist hoch giftig und darf nicht ins Grundwasser gelangen. Zusätzlich fällt Brems-flüssigkeit nicht unter das Altölgesetz und darf somit auch nicht mit herkömmlichem Altöl entsorgt oder vermischt werden.

5 Anwendungsbeispiele des Cradle to Cradle-Designs

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, befasst sich das Cradle to Cradle-Design mit der Umsetzung eines möglichst umweltschonenden Lebenskreislaufts eines Produktes. Abgesehen von der Vorstellung, dass ein Produkt keinen

⁶⁸ vgl. Huppertz, H.: Kühlmittel, KFZ-Tech.de, 08/11, URL <http://www.kfz-tech.de/Kuehlmittel.htm>, (16.02.2014)

⁶⁹ vgl. Pius-info.net: Inhaltsstoffe wassergemischter Kühlschmierstoffe, Infoblatt, URL http://www.pius-info.de/dokumente/docdir/biva/praxis_info/3999t098.html, (16.02.2014)

⁷⁰ vgl. Huppertz, H.: Bremsflüssigkeit, KFZ-Tech.de, 04/13, URL <http://www.kfz-tech.de/Bremsfluessigkeit.htm>, (16.02.2014)

geradlinigen Lebenszyklus hat, ist auch die genaue Betrachtung der Rentabilität bei Umsetzung eines solchen Ökologiemanagements eine recht neue Herangehensweise.

In diesem Kapitel stellt der Autor drei Möglichkeiten vor, wie seiner Ansicht nach das Cradle to Cradle-Design in der Fahrzeugproduktion implementiert werden könnte.

5.1 Cradle to Cradle in der Entwicklung

Der Grundgedanke dabei ist, schon in der Entwicklungsphase von Produkten eine Auswahl an Materialien, Formen und Baugruppen so zu treffen, dass bei der Gewinnung von benötigten Rohstoffen, der Verarbeitung und dem Zusammenbau so wenig wie möglich schädliche Auswirkungen auf die Umwelt erzeugt werden. Dies geschieht, wie bereits erwähnt, durch die Einteilung in Materialien des biologischen und des technischen Kreislaufs. Nach dem Braungart/McDonough-Konzept ist hier jedoch die Leistung von Cradle to Cradle noch nicht zu Ende. Resultierend aus den Erkenntnissen bei Betrachtung und Einteilung eines Produkts oder seiner Baugruppen, werden zusätzlich verwendete Materialien in Kategorien wie inakzeptabel, tolerierbar, verbesserungswürdig und absolut kompatibel unterteilt. Der Bezug wird hier direkt zwischen Materialien und Mensch/Umwelt hergestellt. Darauf basierend wird nun das Augenmerk auf die Entwicklung und Erforschung von Stoffen, deren umweltschonende Gewinnung und Verarbeitbarkeit gelenkt.⁷¹ Wird dies konsequent umgesetzt, so geht dieses Prinzip von einem absoluten Mehrnutzen nicht nur für die Umwelt und den Menschen sondern auch für die Ökonomie aus. Dies bedeutet eine Maximierung des Nutzens für alle Beteiligten.

⁷¹ vgl. Einfach nachhaltig mobil: Das Cradle to Cradle Prinzip, Internet-Blog, 13.05.2009, URL <http://blog.einfachnachhaltig.de/cradle-to-cradle-prinzip-von-der-natur-lernen/>, (22.02.2014)

Legt man das Konzept von Cradle to Cradle auf die Automobilindustrie um, so können gerade bei Betrachtung der verwendeten Stoffgruppen erhebliche Potentiale detektiert werden.

Beim Fahrzeugbau und vor allem bei der Nutzung von Fahrzeugen werden große Mengen an Funktionsölen –hauptsächlich Motoren- und Getriebeöle- benötigt. Das Cradle to Cradle-Design würde Motorenöl als „für Umwelt und Mensch gefährlicher Stoff“ oder „inakzeptabel“ einstufen, es müsste also durch ein natürliches Produkt ersetzt werden. Die Petrochemie kann hier bereits einige alternative Produkte bereitstellen, wie beispielsweise vollsynthetische Öle auf Esterbasis oder Polyalkylenglykol aus nachwachsenden Rohstoffen.⁷² Letzterer Alternativ-Schmierstoff kann das Service-Intervall des Fahrzeugs zwar hinauszögern, muss aber trotzdem regelmäßig getauscht werden. Zusätzlich ist Polyalkylenglykol von verschiedenen Herstellern durch die verwendeten unterschiedlichen Additive in vielen Fällen nicht mischbar, greift Leichtmetalllegierungen an, kann Dichtungs-materialien zerstören und auch Beschichtungsstoffe zersetzen.⁷³

Ein weiterer Nachteil ist das Fehlen von Langzeitstudien bezüglich der Auswirkungen von Polyalkylenglykol auf die Umwelt. Dass sich der Industriepreis pro Liter derzeit zwischen Euro 20,- bis Euro 25,- bewegt, sei hier nur am Rande erwähnt.⁷⁴

Da Polyalkylenglykol aus nachwachsenden Rohstoffen wie beispielsweise Raps erzeugt wird, würde die Umstellung auch einen Ausbau von Monokulturen in der Landwirtschaft darstellen und die Umwelt somit auf anderem Wege gravierend belasten. Dies bedeutet, dass im Anwendungsfall von Motoröl kein funktioneller

⁷² vgl. Auto.de: Neues Motoröl - Weniger Verbrauch durch Bioschmierstoff, Automagazin, 16.08.2012, URL <http://www.auto.de/magazin/showArticle/article/84092/Neues-Motoroel-Weniger-Verbrauch-durch-Bio-Schmierstoff>, (22.02.2014)

⁷³ vgl. Exxon Mobil Corporation: Produktbeschreibung Mobil Glygoyle Reihe, URL http://www.mobil.com/Germany-German/Lubes/PDS/GLXXDEINDMOMobil_Glygoyle.aspx, (22.02.2014)

⁷⁴ vgl. Moore Balliew Oil Company: Industrial Lubricants, Mobil Glygoyle, URL <http://catalog.mooreballiewoil.com/viewitems/industrial-lubricants-gear-oils/mobil-glygoyle-series>, (22.02.2014)

und auch kein ökologisch sinnvoller Ersatz angeboten werden kann. Ein möglicher Lösungsweg wäre die Sichtweise von Cradle to Cradle, dass Stoffe oder Produkte, sofern sie nicht durch absolut umweltverträgliche ersetzbar sind, innerhalb eines technischen Kreislaufs gehalten werden, und somit entweder in anderen Produkten, oder mehrmalig für dasselbe Produkt wieder Anwendung finden.

Um den Verbrauch von Motoröl im Lebenszyklus eines Fahrzeugs dramatisch zu senken, wäre daher die Anwendung des Cradle to Cradle-Designs bereits in der Entwicklungsphase anzuraten. Im Speziellen könnte hier die Einbindung eines Feinfilters in den Schmierstoffkreislauf des Fahrzeugmotors eine mögliche Lösung darstellen.

Ölwechsel werden grundsätzlich wegen des Auftretens sogenannter Verkokungen durchgeführt. Dabei handelt es sich um Rückstände von verbranntem und „verbrauchtem“ Motorenöl, die als winzig kleine Kohlenstückchen wie Schleifmittel wirken und so Lagerstellen und andere mechanische Bauteile schädigen.

Da der herkömmliche Filtereinsatz eines Fahrzeugmotors über eher grobporige Filtergewebe verfügt, können hier nur großkörnige Verunreinigungen und Rückstände aus dem Ölstrom entfernt werden. Eine Entfernung von feinen Verkokungen ist jedoch nicht möglich. Somit wird bei regelmäßig wiederkehrenden Servicearbeiten als fixer Bestandteil auch das Motorenöl gewechselt.

Welche Mengen an Motorenöl dabei zum Beispiel in Österreich zum Einsatz kommen, soll folgendes Beispiel deutlich machen:

Zum Stichtag 31. Dezember 2013 waren ca. 6,39 Millionen Kraftfahrzeuge in Österreich angemeldet. Davon waren 4,64 Millionen Personenkraftwagen, 0,9 Millionen Lastkraftwagen – inklusive Omnibusse - und ca. 0,7 Millionen Motor- und Kleinkrafträder (ausgenommen Motorfahrräder).⁷⁵

⁷⁵ vgl. Statistik Austria: Kraftfahrzeuge-Bestand, KFZ-Bestand 2012, Statistiken Verkehr, Straße, URL http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeug_e_-_bestand/index.html, (19.11.2015)

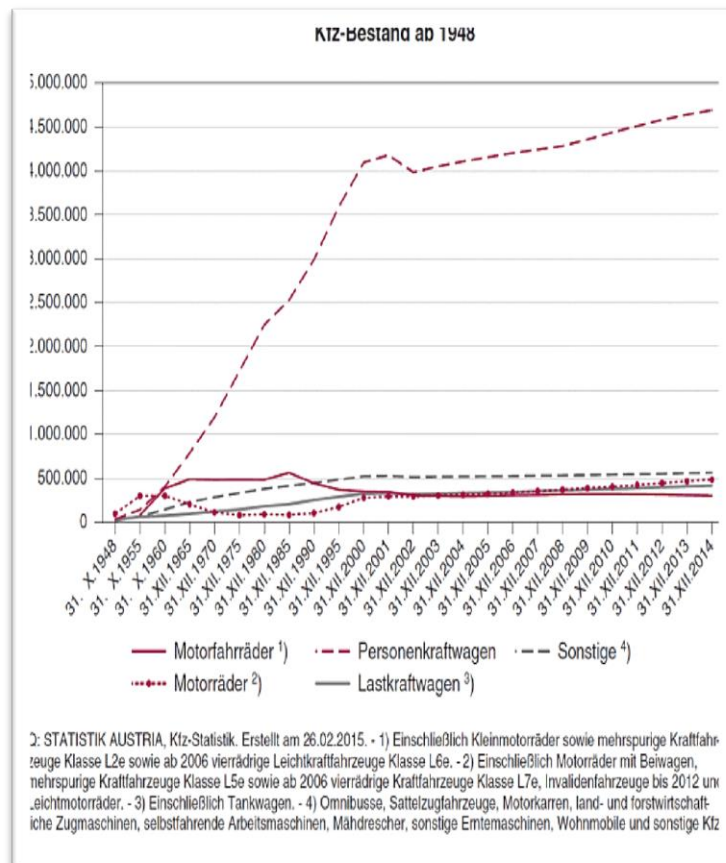


Abbildung 7: Fahrzeugbestand seit 1948 bis 2014 in Österreich ⁷⁶

Jedes dieser Fahrzeuge hat einen Vier-Takt-Verbrennungsmotor, der mit Motorenöl geschmiert wird, welches laut vorherrschender technischer Meinung alle 15.000 bis 20.000 Kilometer Laufleistung bei Personenkraftwagen und alle 40.000 Kilometer bei Lastkraftwagen getauscht werden sollte. Da eine jährliche Durchschnittslaufleistung von PKWs von ebenfalls 15.000 bis 20.000 Kilometern angenommen wird, entspricht dies einem Wechselintervall von einmal pro Jahr.

Bei LKWs hingegen entspricht eine Laufleistung von 40.000 Kilometern pro Jahr bei weitem nicht der Realität. Da diese Fahrzeuge bis auf die gesetzlichen Ruhezeiten der Fahrer und der Fahrverbotszeiten an Wochenenden nahezu permanent betrieben werden, sind Laufleistungen weit über 80.000 Kilometer im

⁷⁶ vgl. Statistik Austria: Kraftfahrzeuge-Bestand, KFZ-Bestand 2012, Statistiken Verkehr, Straße, Grafiken, URL

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeug_e_-_bestand/index.html, (19.11.2015)

Jahr wahrscheinlicher. Somit ist bei dieser Fahrzeugkategorie eher mit einem Wechselintervall von zwei- bis dreimal jährlich zu rechnen. Der Einfachheit halber sollen für LKWs zwei Ölwechselservices pro Jahr angenommen werden.

Da bei Motorrädern selten eine jährliche Laufleistung von 10.000 Kilometer überschritten wird, wird in diesem Fall zu einem jährlichen Ölwechsel ohne Kilometervorgabe geraten.

Ein Verbrennungsmotor eines Personenwagens hat ein durchschnittliches Motorenöl-Füllvolumen von 4,5 Liter, bei Lastkraftwagen liegt dieser Wert bereits bei durchschnittlich 25 Liter und bei Motorrädern bewegt sich das Füllvolumen um einen Wert von 3 Litern je Fahrzeug. Rechnet man nun die spezifischen Füllvolumina der in Österreich angemeldeten Fahrzeuge mit den Wechselintervallen pro Jahr hoch, so ergibt sich ein durchschnittlicher Jahresverbrauch von Motorenöl - nur für die Ölwechselintervalle selbst - von gesamt 67,98 Millionen Liter. Bei einem Durchschnittswert von circa Euro 8,- je Liter (auf Grund unterschiedlicher, in Verwendung befindlicher Viskositätsklassen und deren voneinander stark abweichenden Preise geschätzt) ergibt sich daraus ein jährlicher Verkaufswert nur in Österreich von 543,84 Millionen Euro.

Abgesehen von den Verkokungen, ist ein weiterer von der Industrie propagierter Grund der Qualitätsverlust von Öl nach einer gewissen Belastungszeit oder Laufleistung. Dieser Qualitätsverlust bezieht sich jedoch nach Langlauf tests eher auf die sich verflüchtigenden Additive im Öl als auf die Haupteigenschaften des Öls - als Schmiermittel zur Reduktion von Reibung zwischen mechanischen Bauteilen - selbst.^{77 78 79}

⁷⁷ vgl. Youtube: Ölwäsche statt Ölwechsel, Video der MDR Umschau vom 22.03.2011, URL <http://www.youtube.com/watch?v=senqCpOrlWY>, (22.02.2014)

⁷⁸ vgl. Youtube: Verschmählte Hochleistungsölfilter, Video der ZDF Frontal21, Sendung vom 14.09.2004, URL <http://www.youtube.com/watch?v=PDjZY0uHKtc>, (22.02.2014)

⁷⁹ vgl. Monitzer, K.: Trabant Hochleistungsfilter, Referenzen, Erfahrungsbericht, URL <http://www.klinikexpress.at/index.php?id=30>, (22.02.2014)

Wie bereits zuvor angemerkt, könnte die Berücksichtigung eines sogenannten Nebenstrom- oder Feinfilters in der Motorenentwicklung eine sinnvolle Lösung darstellen. Dessen Funktion ist es grundsätzlich, die feinen Verkokungen im Motorenöl, welche der Hauptölfilter nicht erfassen kann, zu filtern. Somit wäre das „schädliche Schleifmittel“ relativ einfach aus dem Öl entfernt.

Da der Nebenstromfilter, wie jeder anderer Filter auch, nur eine begrenzte Einsatz-dauer aufweist, muss dieser wie auch der Hauptstromfilter nach einer gewissen Lauf-leistung getauscht werden. Nur das Öl selbst bedarf keines Wechsels.

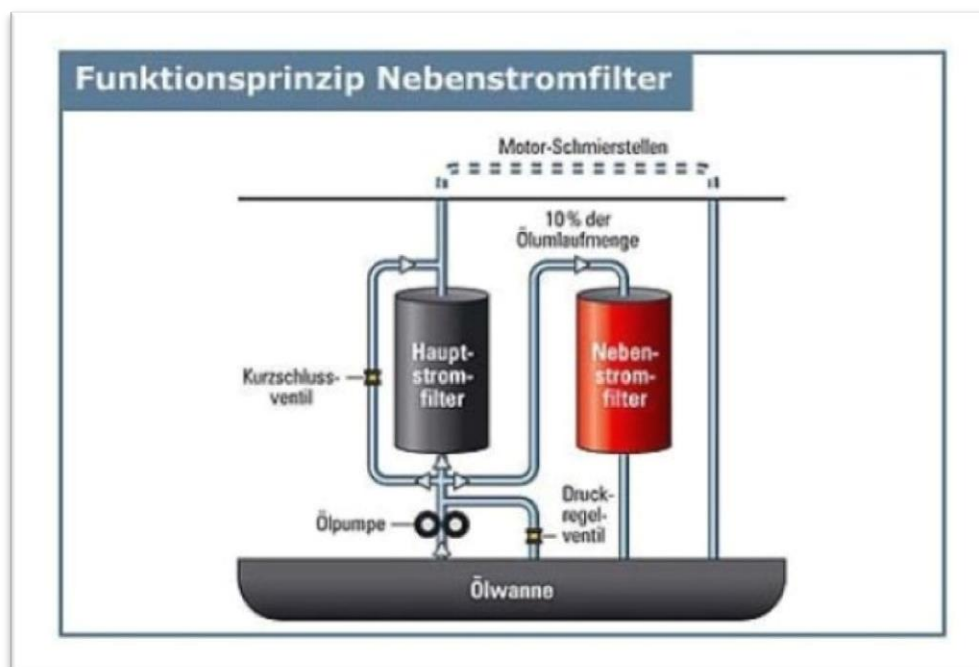


Abbildung 8: Funktionsprinzip Nebenstromfilter ⁸⁰

Im Zuge des Filtertauschs besteht auch die Möglichkeit, die verlustig gegangenen Additive dem Motorenöl wieder zuzuführen. Praxistests haben dabei gezeigt, dass

⁸⁰ vgl. Schleicher, G.K. : Ölfilterdauertest, autobild.de, URL <http://www.autobild.de/bilder/oelfilter-dauertest-16881.html#bild2>, (19.11.2015)

die nachfolgende Zugabe der verlustig gegangenen Additive die Ölqualität wieder auf nahezu Neu-Status setzen kann.⁸¹

Dadurch würden zwar die Filterintervalle nicht ersetzt, jedoch könnte das Motorenöl selbst problemlos weiterverwendet werden. Abgesehen von der gravierenden Einsparung an Motorenöl könnte das Potential dieser Technik durch Verwendung von Hochleistungsfiltergeweben den Austausch der Feinfilter zu einem bloßen „Reinigen“ transformieren.

Eine weitere Abwandlung dieser Technik wäre die Anwendung einer Öldialyse in Werkstätten. Anstatt den Nebenstromfilter zu tauschen oder das Öl zu wechseln, würde dieses nur abgesaugt, feinst filtriert und demselben Motor, angereichert mit Additiven, wieder zugeführt. Bei dieser Anwendung könnte der Einsatz einer Groß-Apparatur an Stelle der kleineren, im Fahrzeug verbauten Nebenstromfilter, zu einer weiteren Einsparung von Material führen.

Mit dieser konstruktiven Änderung wird zwar nicht der Sinn der Ökoeffektivität nach dem Cradle to Cradle-Design für biologische Nährstoffe erfüllt, jedoch aber das Halten eines Stoffes in seinem technischen Kreislauf gewährleistet.

Als Beispiel einer möglichen, betriebswirtschaftlich relevanten, Einsparung bei der praktischen Anwendung des zuvor vorgestellten Lösungsansatzes in der Fahrzeug-produktion, sollen zwei Großkunden mit jeweils 100 Fahrzeugen des Typs Mercedes G-Klasse Typ 350d ausgestattet werden.

Einem Großkunden mit Namen „Herkömmlich“ werden dabei G-Klassen ohne Nebenstromfilteranlagen bereitgestellt, er muss somit die Fahrzeugflotte vorschriftsmäßig zu den Ölwechselintervallen in die Werkstatt bringen.

Dem zweiten Großkunden mit Namen „Feinfilter“ werden dieselben Fahrzeuge geliefert, jedoch sollen diese beim ersten reinen Filterwechselservice in der Werkstätte zum Preis von Euro 370,- für Material und weiteren Euro 80,- für die Arbeitszeit nachträglich eine Nebenstromfilteranlage erhalten. Somit wird bei den

⁸¹ vgl. Dell, I. u. Gerlach, G.: Geschäfte mit dem Ölwechsel-Innovative Filtertechnik wird in Deutschland blockiert, ZDF.de, Frontal21, 24.03.2015, URL <http://www.zdf.de/frontal-21/angeschmierte-autofahrer-geschaefte-mit-dem-oelwechsel-37710824.html>, (17.11.2015)

vorgeschriebenen Wechselintervallen nicht das gesamte Öl, sondern nur der Feinfilter getauscht. Angenommen wird ebenfalls, dass beide Großkunden ihre Fahrzeuge gleichermaßen nutzen.

Das Wechselintervall bei diesem Fahrzeugtyp liegt bei 15.000 Kilometer und beinhaltet den Tausch von 12,5 Litern Motorenöl. Analog dieser Vorgabe wird auch das Wechselintervall für den Feinfilter und die jährliche Beimengung von verlustig gegangenen Additiven festgelegt. Die Gesamtleistung je Fahrzeug soll 150.000 Kilometer betragen. Der Stundenlohn in einer KFZ-Werkstätte wird mit Euro 100,- angenommen.

Herkömmlich			Feinfilter		
Anzahl Fahrzeuge	100	Stk	Anzahl Fahrzeuge	100	Stk
Preis je l Öl	14	€	einmalig Feinfilter	370	€
Preis Normalfilter	18	€	Erstmontage	80	€
Ölinhalt je Fahrzeug	12,5	Liter	Preis Feinfilterpatrone	10	€
			Additive	3	€
			Preis Ölfilter Standard	18	€
Wechselintervall	15000	km	Wechselintervall	15000	km
Lohn pro h Werkstatt	100	€	Lohn pro h Werkstatt	100	€
Dauer h je Wechsel	0,5	h	Dauer h je Wechsel	0,13	h
Laufleistung	150000	km	Laufleistung	150000	km
Gesamt	€ 243.000,00		Gesamt	€ 86.400,00	

Abbildung 9: Servicekosten für Fahrzeugflotte innerhalb 10 Jahren

Dies bedeutete für den Großkunden „Herkömmlich“ eine Gesamtbelastung, nur für die Ölwechselintervalle für die gesamte Fahrzeugflotte, von Euro 243.000,-. Bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 Kilometern und Gesamtleistung von 150.000 Kilometern – also bei 10 Jahren Nutzungsdauer - wären dies jährliche Kosten von Euro 24.300,-.

Im Gegensatz dazu hätte im Zeitraum von 10 Jahren Großkunde „Feinfilter“ für den- selben Posten Euro 86.400,- bezahlen müssen, was einem jährlichen Rechnungsbetrag von Euro 8.640,- entsprechen würde. Dies bedeutet, dass die mit Nebenstromfilteranlagen ausgestattete Fahrzeugflotte ein

Einsparungspotential von rund 64,5 Prozent gegenüber der herkömmlichen Variante darstellen könnte.

Abgesehen von den wirtschaftlichen Vorteilen bei Einsatz dieses Systems kann dadurch auch eine erhebliche Steigerung der Ökoeffektivität erzielt werden. Werden bei der herkömmlichen Service-Variante über den vollständigen Betriebszyklus der Fahrzeugflotte noch 12.500 Liter Motorenöl benötigt, so reduziert sich bei der Variante mit Feinfilter dieser Aufwand auf nahezu null.

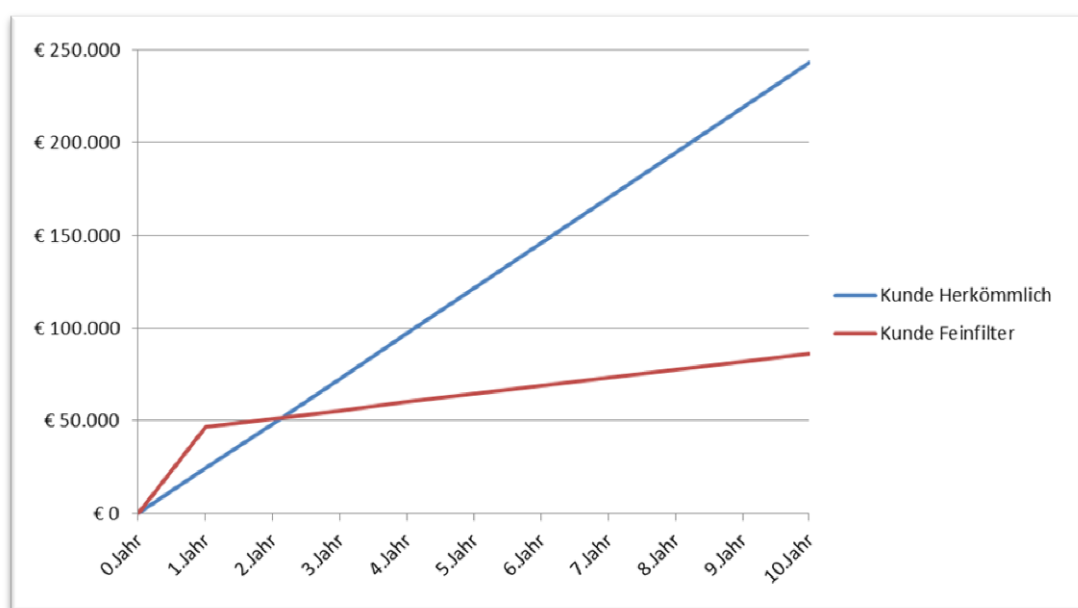


Abbildung 10: Vergleich der Ölservicekosten für 100 Fahrzeuge

Neben der Einsparung bei der Ölmenge selbst ergeben sich zusätzliche Synergieeffekte, die den Einsatz eines Feinfiltersystems noch rentabler machen. Der damit verbundene Wegfall von erhöhten Lagerkosten für Gefahrenstoffe – zu denen Motorenöl zählt –, den Entsorgungskosten von Altöl, der Reduzierung von Abfallkosten in Bezug auf den Verpackungsmüll und Reduktion von Transportkosten stellen zusätzliches Einsparungspotenzial, da sich nicht nur ökoeffektiv, sondern auch betriebswirtschaftlich betrachtet, starke Wechselwirkungen ergeben.

5.2 Cradle to Cradle in der Lederherstellung

Wie bereits erwähnt, legt das Cradle to Cradle-Design größten Wert auf ökoeffektiven Einsatz von natürlich rückzuführenden Rohstoffen. Dies reicht von der Gewinnung über die Verarbeitung bis hin zur Bereitstellung dieser Stoffe als neuer natürlicher Nährstoff.

Im vorangegangenen Kapitel wurde ein Beispiel aufgezeigt, bei dem der Einsatz solcher Rohstoffe nur ein sehr eingeschränktes Maß an Nachhaltigkeit bieten konnte, da der Ausbau der Verwendung von Polyethylen-Glykole als Ersatz für mineralische Motorenöle mit gravierendem Ausbau von landwirtschaftlichen Monokulturen einhergeht. Hier konnte ein Austausch des Betriebsstoffes nicht den gewünschten ökologischen, ökonomischen und technischen Effekt erzielen, somit wurde anstatt des Ersatzes des Stoffes sein Verbleiben im technischen Kreislauf nach dem Cradle to Cradle-Design realisiert.

Dass in der Automobilindustrie jedoch, wie in jedem anderen Industriezweig auch, derzeit noch eine Vielzahl von Großpotenzialen ungenutzt bleiben, soll an Hand eines Beispiels in der Lederherstellung für Überzüge von Sitzen und Interieur-Teilen im Kraftfahrzeug, wie sie im großen Stil auch für das Premiumfahrzeug G-Klasse verwendet werden, aufgezeigt werden.

Die Belederung von Fahrzeugsitzen hat grundsätzlich eine sehr lange Tradition, nicht nur um dem Fahrzeuglenker einen gewissen Komfort zu bieten, sondern auch weil Leder sich als sehr beständig gegenüber widrigen Witterungsverhältnissen gezeigt hat. Schon bei der Herstellung von Pferdekutschen wurde der sogenannte Kutschbock mit Leder überzogen, nicht nur um dem Kutscher auf langen Reisen Sitzkomfort bieten zu können, sondern auch um das Holz der sehr teuren Kutschen zu schützen. Da zu Beginn der Ära des Automobils die Fahrzeuge zum größten Teil ohne Dach hergestellt wurden, und im Grunde genommen nahezu gleiches Design wie ihre technischen Vorgänger mit Pferdevortrieb aufwiesen, hatte die Belederung der Fahrzeugsitze ursprünglich denselben Sinn wie schon zu Zeiten der Kutschen.

Erst mit der Massenproduktion von Kraftfahrzeugen und der Installation von Fahrzeugdächern im Sinne einer Komforterweiterung für die Insassen wurde Leder als Überzug, abgesehen vom Luxussegment, immer mehr von Textilstoffen verdrängt. Nachteilig für Leder sind betriebswirtschaftlich gesehen natürlich die erheblich höheren Kosten für dessen Ausgangsprodukte.

Tierhäuten bedingen ein langwieriges und somit kostenintensives Bearbeitungsverfahren, um daraus weiterarbeitbares Leder herzustellen. Dieses Verfahren nennt man Gerbung. Sinn der Gerbung ist es zum einen, die Eiweißfäden der Tierhaut flexibel miteinander zu verbinden, um die Geschmeidigkeit des Leders zu erhalten (macht man das nicht, entsteht sprödes, hartes Pergament), zum anderen um den Zerfallsprozess zu unterbinden und das Leder unempfindlich gegen Temperatur (Schrumpfen des Leders) und unempfindlich gegen Nässe (Aufquellen des Leders) zu gestalten.⁸²

Es gibt unterschiedliche Gerbverfahren, die sich in den meisten Fällen auf den verwendeten Gerbstoff beziehen.

Eines der ältesten Gerbverfahren, das der Menschheit bekannt ist, ist die Fettgerbung. Die dabei verwendeten Gerbstoffe sind Tran, Fischöl, Hirn, Talg oder Mark. Ein weiteres Gerbverfahren ist das Weißgerben, worin als Gerbstoff Aluminiumsulfat und Kochsalz verwendet wird. Den alten Gerbverfahren ist eines gemein, dass sie sehr langwierig (ein Gerbprozess dauert mehrere Monate) und somit kostenintensiv sind.

Das heutzutage schnellste (nur wenige Stunden) und deshalb auch verbreitetste Gerbverfahren ist die Chromgerbung. Hier wird basisches Chromsulfat – auch Chromsalze genannt - zusammen mit Chrom(3)-Oxid verwendet. Grundsätzlich gilt Chrom(3) nicht als gesundheitsgefährdend, jedoch kann es sich durch chemische und thermische Behandlung in das kanzerogene und akut toxische

⁸² vgl. Leder-info.de: Gerbung, URL <http://www.leder-info.de/index.php/Gerbung>, (24.10.2015)

Chrom(6) umwandeln. Möglich wird dies einerseits durch das Zusammenspiel von Zusatzstoffen bei der Gerbung und Unregelmäßigkeiten im Gerbprozess. Andererseits wird beispielsweise bei Instrumententafel-Belederungen oftmals festgestellt, dass sich durch die starke Sonneneinstrahlung, welche durch die Frontscheibe einfällt und der damit einhergehenden hohen Temperatur, das im Leder gebundene Chrom(3) zum gesundheitsgefährdenden Chrom(6) umwandelt wird.⁸³

Ein weiteres Gerbverfahren ist die vegetabile Gerbung oder auch Lohgerbung genannt.⁸⁴ Hier wird vollständig auf chemische Zusätze verzichtet und mit rein pflanzlichen Gerbstoffen gearbeitet. Die Hauptlieferanten für die Grundzutat - das Tannin - sind die Rinden der Baumarten Eiche, Fichte, Rosskastanie, Akazie, Birke, Weide und Mimosa, wie auch der Gallapfel (Wucherung an Eichen entstanden durch das Gelege der Gallwespe) oder auch der Destillationsrückstand von Weintrauben, der sogenannte Trester.⁸⁵

Betrachtet man das Gerben mit rein pflanzlichen Stoffen, so steht die Ökoeffektivität hier außer Frage: Die verwendeten Stoffe sind rein natürlichen Ursprungs, bei der Herstellung von Leder können die Rückstände aus den Gerbgruben nach dem Aus-sieden gepresst und danach kompostiert werden. Somit ist zum einen der biologische Kreislauf nach dem Cradle to Cradle-Design erfüllt. Andererseits ist damit den Vorteilen noch längst kein Ende gesetzt, da es während des Produktgebrauchs von Bekleidung, Taschen, Schuhe, etc. sowie auch bei der Belederung im Automobilsektor und der Möbelindustrie zu keinen gesundheits- und umwelt-schädigenden Ausgasungen durch chemische Umwandlungen im Ledergefüge kommt.

⁸³ vgl. Lederzentrum GmbH: Chromgerbung, Lederlexikon von A-Z, URL <http://www.lederzentrum.de/wiki/index.php/Chrom>, (24.10.2015)

⁸⁴ vgl. Green Promotion: Pflanzlich (vegetabil) gegerbtes Leder, Öko-Wissenslexikon, URL http://www.greenpromotion.de/lexikon_oeko-wissen_artikel.php?id=16, (25.10.2015)

⁸⁵ vgl. Baeck GmbH: Vegetabile Gerbstoffe, URL <http://www.otto-dille.de/deutsch/gerbemittel.html>, (17.11.2015)

Diese Tatsache lässt sich auch als Positivum bei der Herstellung des Leders selbst nennen. Vorsichtsmaßnahmen, wie sie bei anorganischen Gerbstoffen (vor allem den mineralischen Chrom- oder Aluminiumsalzen) oder den synthetisch organischen Gerbstoffen, wie zum Beispiel Formaldehyden⁸⁶, getroffen werden müssen, können vollständig entfallen.

Das Verfahren der vegetabilen Gerbung ist in der Geschichte der Lederherstellung schon seit sehr langem bekannt. Vor allem in der Zeit vor der chemischen Industrialisierung konnten die Menschen nur mit reinen Naturprodukten arbeiten, und nach dem Prinzip des Managementbegriffs – mit einem bestimmten Gut haushalten - auch nicht verschwenderisch umgehen. Der Faktor Zeit war aber – abgesehen von absoluten Luxusprodukten - seit je her ein (mit)entscheidendes Maß, ob eine Unternehmung erfolgreich war oder nicht. Dies trifft heute im Zeitalter der Wegwerfmentalität und Massenfertigung mehr denn je zu.

Der Siegeszug der Chromgerbung wurde durch den Faktor Zeit für den Gerbvorgang befeuert und die Tatsache, dass 85 Prozent des im Jahr 2014 produzierten Leders mit Chrom gegerbt wurden, spricht für sich.⁸⁷

Vergleicht man die Gerbzeiten von Chromgerbverfahren, welches mit circa 24 Stunden zu Buche schlägt⁸⁸, und den vegetabilen Gerbverfahren - hier werden bei der Gerbung mit Baumrinden bis zu 15 Monate veranschlagt⁸⁹ - so wird deutlich, dass der Zeitfaktor hier einen immensen Einfluss hat.

⁸⁶ vgl. Deacademic: Gerbstoffe, Universal-Lexikon, Erklärungen, URL http://universal_lexikon.deacademic.com/242685/Gerbstoffe, (25.10.2015)

⁸⁷ vgl. Leder-info.de: Chromgerbung, Lexikon A-Z, URL <http://leder-info.de/index.php/Chromgerbung>, (25.10.2015)

⁸⁸ vgl. Chemgaroo/Chemgapedia: Chromgerbung von Leder II, Chemie, Makromolekulare Chemie, Polymere Netzwerke, Ionische Netzwerke, Beispiele für Ionische Vernetzung, S.4, URL <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/netzwerke/vernetzung/ionisch.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/netzwerke/vernetzung/chromgerb.vscml.html>, (25.10.2015)

⁸⁹ vgl. Giese, S.: Lederhaus-Lederinfo, Lederkunde, Geschichte der Lederherstellung, URL <http://www.lederhaus.de/wissen/lederkunde.php>, (25.10.2015)

Das gesteigerte Umweltbewusstsein in westlichen Industrieländern und dem damit einhergehenden Bestreben, dafür auch den notwendigen gesetzlichen Rahmen zu schaffen, dämpfen den Einsatz der Chromgerbung zwar ein wenig, jedoch greifen wie überall Gesetze nur dann, wenn ein Bestreben nach Einhaltung selbiger vorhanden ist und bei Nicht-Einhaltung auch empfindlich geahndet wird.

Abgesehen von der Bekleidungs- und Schuhindustrie gibt es jedoch auf dem Automobilsektor den Trend weg von chromgegerbtem Leder hin zu Alternativen. Die Warenbezeichnung „Free of Chrome“, oder kurz FOC⁹⁰, ist ein Versuch, der Chromgerbung entgegenzuwirken. Der Umstand, dass die Herstellung von Leder mit diesem Kürzel vollständig auf Chrom verzichtet, täuscht ein wenig darüber hinweg, dass von einer ökoeffektiven Gerbung hier trotzdem keine Rede sein kann.

Wie bereits erwähnt, weicht man dabei auf andere Gerbstoffe aus, oftmals aber nicht auf die umwelttechnisch zu bevorzugenden natürlichen, sondern zumeist auf synthetisch- organische. Dabei wird zum Beispiel Glutardialdehyd verwendet⁹¹, das im EU-Gefahrenstoffkatalog als giftig und umweltgefährlich eingestuft ist.

⁹⁰ vgl. Leder-info.de: Chromgerbung, Lexikon A-Z, URL <http://leder-info.de/index.php/Chromgerbung>, (25.10.2015)

⁹¹ vgl. Giese, S.: Lederhaus-Lederinfo, Lederkunde, Gerbstoffe, URL <http://www.lederhaus.de/wissen/lederkunde.php?v=W>, (25.10.2015)



Abbildung 11: Ledergerbung mit Chromsalzen in Bangladesch⁹²

Abgesehen von der negativen Wirkung auf den menschlichen Körper mit schwerwiegenden Reizungen von Augen, Nase, Hals und Lunge⁹³ und der hochgiftigen Wirkung auf Wasserorganismen, hat dieses Aldehyd jedoch einen positiven Einfluss auf die Eigenschaften des fertigen Leders für die Automobilindustrie: Es wird durch dieses Verfahren waschbar und schweißbeständig.

Um sowohl dem Cradle to Cradle-Design und dessen Forderung nach Ökoeffektivität als auch den produktionstechnischen und wirtschaftlichen Forderungen der Lederhersteller Leistung tragen zu können, müssen zwei grundlegende, unumstößlich miteinander verbundene, Voraussetzungen geschaffen werden. Zum einen müssen die Gerbstoffe in einem vollständigen biologischen Kreislauf rotieren können, zum anderen müssen für eine industrielle Anwendung die Gerbzeiten in eine noch produktionstechnisch akzeptable Größe gebracht werden.

⁹² vgl. Stich, J.: Leiden für Leder-Kinderarbeit Tierleid und hochgiftige Produktionsprozesse, Pressemitteilungen, Bekleidung, Leder, URL <http://www.peta.de/leiden-fuer-leder-kinderarbeit-tierleid-und-hochgiftige-produktionsprozesse->, (19.11.2015)

⁹³ vgl. ChemicalBook.com: Glutardialdehyd, Produkt Beschreibung, URL http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_DE_CB3762723.htm, (26.10.2015)

Wie bereits erwähnt, erfüllen die aus Baumrinden gewonnenen Tannine zwar die ökoeffektiven Voraussetzungen, jedoch ist die Verarbeitungszeit von mehreren Monaten in keine vernünftige Relation zur Großserienproduktion in der Industrie zu bringen. Auf der anderen Seite sind die synthetisch-organischen und anorganischen Gerbverfahren mit einem vollständigen biologischen Kreislauf nicht im Sinne des Cradle to Cradle-Konzepts zu bewerkstelligen, erfüllen aber bei der Chromgerbung mit circa 24 Stunden vollständig und bei der Gerbung mit Glutardialdehyd mit einigen Wochen, die Forderung der kurzen Durchlaufzeiten in der Produktion.

Die Firma wet-green GmbH Innovationszentrum Leder und Kollagen in Reutlingen, Deutschland, löste diese Aufgabe mit Hilfe eines alternativen und natürlichen Rohstoffs für die Gerbung, der Olive, oder genauer gesagt, den Olivenblättern.⁹⁴ Anstatt als Abfallprodukt der Olivenernte verbrannt zu werden, wird aus diesen nun der Gerbstoff extrahiert und in der Ledergerbung eingesetzt. Dies führte auch dazu, dass diese Verarbeitungsvariante für Leder in einem Großinnovationssektor, der Automobilindustrie, im Speziellen beim BMW i3 Einzug hielt, und somit bewiesen werden konnte, dass alternative Systeme bei entsprechendem Design durchaus mit einer Serienproduktion vereinbar sind.⁹⁵

Eine weitere Möglichkeit für die Industrie könnte die Gerbung mit Trester sein. Trester oder Treber ist der Fachausdruck für pflanzliche Rückstände einerseits aus dem Pressverfahren für Wein oder Pressen von Fruchtsäften und andererseits der Destillation aus Weintrauben.⁹⁶ Besonders interessant für die Ledergerbung ist hier der Rückstand von blauen Weintrauben, welche die Basis für Rotweine darstellen. Bei blauen Trauben befindet sich sehr viel Tannin – der bereits erwähnte Gerbstoff, wie er auch in Rinden bestimmter Bäume zu finden ist - in den

⁹⁴ vgl. Wet-Green Natural Leather Solutions: Produkte, URL <http://www.wet-green.com/produkte.php>, (26.10.2015)

⁹⁵ vgl. Anker, S. : Im E-Mobil i3 von BMW ist Öko erste Wahl, Welt.de, PS das Automagazin der Welt, alternative Antriebe, URL http://www.wet-green.com/pdf/01_Presse.pdf, (26.10.2015)

⁹⁶ vgl. DUDEN: der Trester, URL <http://www.duden.de/rechtschreibung/Trester>, (26.10.2015)

Stielen und Stielgerüsten, Schalen und Kernen,⁹⁷ also kurz gesagt, in den Abfallprodukten der Weinherstellung.

Schon das im Jahre 1838 in Zürich erschienene „Taschenbuch für Schweizerische Ingenieure beim Straßen- und Wasserbau, für Besitzer von Wasserwerken und für Dorfbeamte und Gemeindsvorsteher“ von J.J. Frey von Knonau beschreibt im Kapitel „Gerberlohe“ das Verfahren der Gerbung mit Trester als innovatives Verfahren:

„Auch in den Trestern der Weintraube, nachdem sie destilliert und der Weingeist daraus gewonnen, sei ein gutes Ersatzmittel der Eichenrinde. Nachdem man mit den Häuten alle Prozeduren vorgenommen hat, welche nöthig sind, damit sie in die Lohgrube gebracht werden können, ersetzt man die Lohe durch solche Trester, und in 35 bis 40 Tagen sei die Operation fertig. Dieses Verfahren gewährt den Vorteil: 1) daß es viel weniger Zeit erfordert, als mit Eichenlohe; 2) daß die kostspielige Eichenlohe durch eine Substanz ersetzt wird, welche man an vieler Orten im Überfluß haben kann, die man wegwirft, und folglich nichts kostet; 3) daß es dem Leder einen süßlichen und angenehmen Geruch ertheilt, der kaum merklich ist, während das mit Lohe gegerbte Leder einen starken unangenehmen, bisweilen fauligen Geruch hat, welcher den Kleidern der Lederarbeiter stark anhängt; 4) endlich, was das nützlichste ist, hat die Erfahrung gelehrt, daß Sohlen, die aus dem, nach diesem Verfahren gegerbten Leder verfertigt worden, zweimal so lange dauern, als diejenigen nach dem gewöhnlichen.“⁹⁸

Betrachtet man nun einige Kennzahlen der Weinproduktion weltweit, lässt sich heutzutage ein sehr großes Potential in Bezug auf das Ausgangsmaterial für diese Gerbvariante eruieren.

Weltweit wurde laut einer Statistik der International Organisation of Vine and Wine im Jahr 2001 rund 61,1 Millionen Tonnen Weintrauben geerntet.⁹⁹ Im Jahr 2014

⁹⁷ vgl. Kath.de: Tannin, Das Weinlexikon, URL <http://www.kath.de/weinlexikon/tannin.php>, (26.10.2015)

⁹⁸ vgl. Frey von Knonau, J.J.; Taschenbuch für Schweizerische Ingenieure beim Straßen und Wasserbau, S.240

⁹⁹ vgl. Karlsson, P.: The world's grape production 2000-2012, Winemaking and viticulture, June 11 2013, URL <http://www.bkwine.com/features/winemaking-viticulture/global-grape-production-2000-2012/>, (26.10.2015)

betrug die jährliche Erntemenge an Trauben bereits 75,1 Millionen Tonnen.¹⁰⁰ Geht man von einem Verhältnis zwischen Rotwein und Weißwein von 1:3, einem Stielgewicht von 4 Prozent des Gesamterntegewichts und einem Verhältnis von 1:4 zwischen Trestergewicht und Traubenrohgewicht aus, so ergibt sich ein Gesamt-Trester-Gewicht aus Rotweintrauen für das Jahr 2014 von etwas mehr als 6 Millionen Tonnen weltweit. Rechnet man nun die sehr tanninreichen Stiele wieder hinzu – also 4 Prozent des Rotweintraubengewichts - so ergibt sich ein Gesamtgewicht von etwas mehr als 7 Millionen Tonnen verwertbares Trestermaterial.

Bei der vegetabilen Gerbung einer Tierhaut werden circa 25 Kilogramm tanninhaltige Früchte benötigt.¹⁰¹ Dies bedeutet bei einer errechneten Masse von 7 Millionen Tonnen Trester, dass 280 Millionen Tierhäute bearbeitet werden könnten. Rechnet man für eine Tierhaut einen Durchschnittswert von ungefähr 3 Quadratmeter,¹⁰² so ergibt dies 840 Millionen Quadratmeter vegetabil gegerbtes Leder.

¹⁰⁰ vgl. Karlsson, P.: State of the World wine production and grape growing 2014, November 11 2014, URL <http://www.bkwine.com/features/more/state-world-wine-production-grape-growing-2014-france-back/>, (26.10.2015)

¹⁰¹ vgl. Leder-info.de: Pflanzlich gegerbtes Leder, Lederlexikon A-Z, Lohgerbung, URL http://leder-info.de/index.php/Pflanzlich_gegerbtes_Leder, (26.10.2015)

¹⁰² vgl. Leder-info.de: Maße und Gewichte, Lederlexikon A-Z, URL http://www.leder-info.de/index.php/Ma%C3%9Fe_und_Gewichte, (26.10.2015)

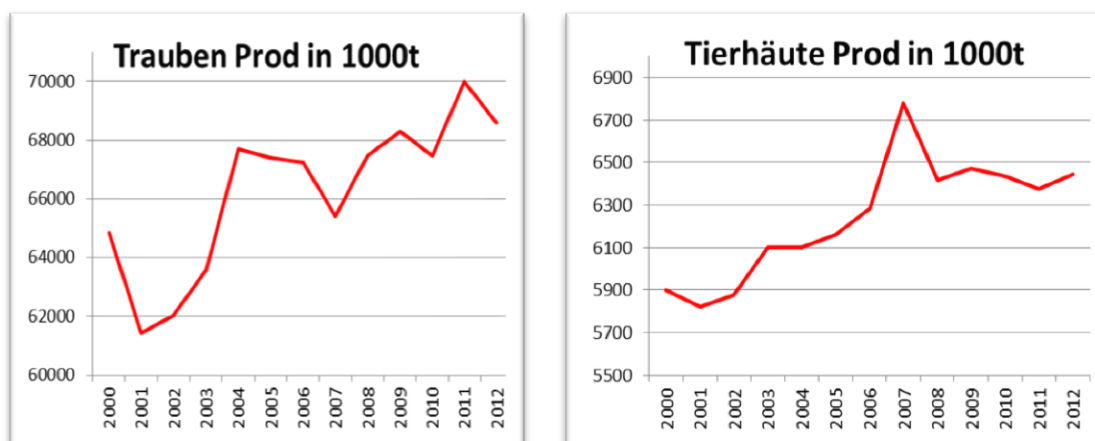


Abbildung 12: Globaler Vergleich Trauben versus Tierhäute 2000-2012^{103 104}

Mit einer jährlichen Lederproduktion von 1,8 Milliarden Quadratmeter weltweit, könnten überschlagsmäßig fast 47 Prozent dieser Gesamtproduktion mit vegetabilen Gerbstoffen bedient werden.¹⁰⁵ Da das rote Weinlaub ebenfalls Tannine enthält, könnte die Grundmasse an verwertbarem Material für die Gerbstoffgewinnung noch weiter gesteigert werden.¹⁰⁶

¹⁰³ vgl. Food and Agriculture Organisation of the United Nations: World Statistical Compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1993-2012, Market and Policy Analyses of Raw Materials, Horticulture and Tropical Products Team, Trade and Markets Division, 2013, Kapitel II, Table5, S.23 URL http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Hides_Skins/Documents/COMPENDIUM2013.pdf, (01.12.2015)

¹⁰⁴ vgl. FOASTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations: BrowseData/ Production/Cropes/ Grapes/World/From2000/To2012/Sum, URL <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>, (01.12.2015)

¹⁰⁵ vgl. Frankfurter Allgemeine Zeitung: Seine Haut teuer verkaufen, Heller-Leder findet seine Kunden in der Luxus-Branche, 14.09.2011, URL <http://www.faz.net/frankfurter-allgemeine-zeitung/wirtschaft/seine-haut-teuer-verkaufen-11187752.html>, (26.10.2015)

¹⁰⁶ vgl. Spektrum.de: Vitis vinifera, Wein, Lexika, Lexikon der Arzneipflanzen, 1999, URL <http://www.spektrum.de/lexikon/arzneipflanzen-drogen/vitis-vinifera/15414>, (26.10.2015)



Abbildung 13: Trester aus der Weinherstellung für Biogasanlage¹⁰⁷

Zusammenfassend kann zum Thema Ledergerbung mit vegetabilen Gerbstoffen gesagt werden, dass die Verwendung von eigentlichen Abfallprodukten aus anderen Wirtschaftszweigen, hier zum größten Teil aus der Landwirtschaft, gravierendes Einsparungspotenzial von chemischen Betriebsmitteln in der Lederherstellung bereithält. Abgesehen der Erfüllung des Cradle to Cradle-Konzepts in Bezug auf den vollständigen biologischen Kreislauf, ergeben sich weitreichende gesamtwirtschaftliche Synergieeffekte in Richtung Landwirtschaft als Lieferant für biologisch unbedenkliche Basisstoffe. Somit könnte dieser Sektor abgesehen vom ursprünglichen Produkt weitere Einkünfte lukrieren.

Eine Vertiefung der handwerklichen Fachkenntnisse in Bezug auf Anwendung alternativer, jedoch auch komplizierter Verfahren zur Lederherstellung im Sinne der Ökoeffektivität ergäbe eine Vorreiterrolle für die umstellenden Betriebe der Leder-industrie und somit eine stärkere Positionierung im weltweiten Wettbewerb gegenüber herkömmlich produzierenden Betrieben. Das Übertreffen von den bereits sehr strengen gesetzlichen Umweltbestimmungen innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes beugt teuren Umbaumaßnahmen – vor allem bei

¹⁰⁷ vgl. Badenova AG und Co KG: Biogas aus Trauben- und Apfeltrester, Über Badenova, Presse, Pressemitteilungen, 26.10.2011, URL https://www.badenova.de/web/de/ueberbadenova/presse_1/pressemitteilungen/Pressemitteilungen-Details_310976.html, (19.11.2015)

einer zu erwartenden Verschärfung der Gesetzesvorgaben - im Produktionsbereich vor. Ein weiterer Synergieeffekt könnte durch den Schulterschluss von landwirtschaftlichen Betrieben mit der Lederindustrie als Bindeglied und der Automobilindustrie geschaffen werden. Kurze Lieferwege der einzelnen Güter, zum Beispiel von Gerbstoff und den Häuten zur Gerberei und von der Lederherstellung zur automobilen Produktionsstätte, verringern die Reaktionszeit bei Produktions- und Absatzschwankungen und beugen einer Überproduktion vor.

Für die Automobilindustrie bedeutet der Einsatz vegetabil gegerbter Leder einerseits eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen für Mitarbeiter in Bezug auf die Luftqualität in den Produktionsräumen – dies trifft natürlich in noch stärkerem Maße auf die Produktionsmitarbeiter in den Gerbereien zu -, andererseits können der immer umwelt- und gesundheitsbewussteren Käuferschaft unbedenkliche Grundmaterialien im Fahrzeugbau angeboten werden. Nach Ansicht des Autors kann Wettbewerbsfähigkeit langfristig nur über innovative Technologie und permanente Weiterentwicklung gewährleistet werden.

5.3 Cradle to Cradle in der Gestaltung von Produktionshallen

Neben der militärischen Forschung war die Entwicklung in der Industrie rund um die Mobilität des Menschen schon immer ein Garant für Innovation und Fortschritt. War es zu Beginn der automobilen Ära noch die Suche nach praktikablen Lösungen rund um die Bedienung der Vehikel, wurde danach durch die rapide steigende Nachfrage die Optimierung der Massenproduktion in den Fokus gerückt.

In den 1950 bis 1960 Jahren forschte man sehr eingehend an der Verbesserung des Automobils selbst, ging es doch darum, das Fahren an sich mit Hilfe von Ausstattung und Fahrleistung zu einem Lebensgefühl zu stilisieren. Gerade die

Steigerung der Fahrleistung wiederum war es, die die Weiterentwicklung der Sicherheit vorantrieb.¹⁰⁸

In den 1970 Jahren wurden das Erstarken des Umweltgedankens und die ersten Anzeichen der Verknappung von Rohöl die Triebfeder für die Grundprämissen Sparsamkeit und Umweltverträglichkeit in der Automobilindustrie. Mit den bahnbrechenden Erfindungen rund um die Elektrik und Elektronik in den 1980-Jahren zogen die Themen High-Tech und Vernetzung in den Fahrzeugbau ein. Es bot sich somit als breitgefächertes Medium die Möglichkeit, Sicherheit, Komfort, Sauberkeit, Leistung und Vernetzung in eine neue Dimension zu befördern.¹⁰⁹

Heutzutage findet man bei der Suche nach Innovationen rund um das Thema automobile Fortbewegung alle diese erwähnten Strömungen wieder, jedoch lassen sich in einigen Bereichen bereits Übersättigungstendenzen und technische Grenzen erkennen. Alleine im Bereich Umweltschutz in Bezug auf das Automobil, gibt es jedoch gerade durch die Erschließung des globalen Marktes, noch sehr viel Verbesserungspotential. Die beiden vorangegangenen Kapitel haben sich bereits mit diesem Thema auseinandergesetzt. Der Focus lag dabei jedoch ausschließlich auf dem Automobil als Teilbereich der gesamten Automobilindustrie.

Ein weiteres, nach Ansicht des Autors jedoch sehr entscheidendes Fragment scheint in diesem Industriezweig bis auf wenige Ausnahmen seit den 1920 Jahren keiner wirklich bahnbrechenden Entwicklung mehr zu unterliegen: Die Produktionsstätten der Fahrzeugindustrie selbst.

Zwar wurden die Fertigungstechniken selbst immer weiter verfeinert und durch Regel- und Messtechnik immer effektiver, auch den Anforderungen an die Logistik

¹⁰⁸ vgl. Klauder, K.: Fahrzeugsicherheit-Meilensteine der Geschichte, Auto Motor und Sport.de, Ratgeber, 21.November 2008, URL <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/meilensteine-der-fahrzeugsicherheit-1105503.html>, (28.10.2015)

¹⁰⁹ vgl. Wiesinger, J.: Elektrotechnische Grundlagen im Auto, KFZ-Elektrik, KFZ-Elektronik, Vernetzung, URL <http://www.kfztech.de/kfztechnik/elektrik.htm>, (18.11.2015)

wie zum Beispiel der Just-in-time-Produktion und deren Aufplanung oder der Vollautomatisierung von Beschickungsanlagen in der Montage, wurde mit neuen Systemen Rechnung getragen.

Produktionshallen selbst werden jedoch scheinbar nur nach baugesetzlichen und produktionstechnischen Merkmalen erstellt, frei nach dem Motto: Zuerst wird die Produktion geplant und dann einfach ein bausachverständig abgenommenes Dach darüber gebaut. Dass zum Beispiel die Ausrichtung auf dem Betriebsgelände, die Architektur – abgesehen von der rein repräsentativen-, die Oberflächenstruktur und die Materialbeschaffenheit der Produktionshalle viele Synergieeffekte mit anderen Bereichen der Produktion und deren Umfeld schaffen können, wird meist überhaupt nicht berücksichtigt.

Die Tatsache, dass Industriehallen über Jahrzehnte genutzt werden und bestehende Produktionsstätten nur bei Generalsanierungen bis zu einem gewissen Grad verändert werden können, erschwert die Nutzung des gesamten vorhandenen Potentials. Alle Möglichkeiten auszuloten würde den Umfang dieser Arbeit natürlich bei weitem sprengen, exemplarisch dafür soll daher das Thema der Material-beschaffenheit an Hand einer Dachbegrünung auf der Produktionshalle näher betrachtet werden.

5.3.1 Dachbegrünung im Allgemeinen

Die Technik der Dachbegrünung ist der Menschheit schon seit sehr langer Zeit bekannt. Eine der berühmtesten Dachbegrünungen waren die „Hängenden Gärten der Semiramis“ in Babylon, entstanden um 600 vor Christus, welche in die Geschichte als eines der Sieben Weltwunder der Antike eingegangen sind.¹¹⁰ Auch waren Dachbegrünungen, wenn auch nicht zu repräsentativen Zwecken, sondern in der Funktion als Dämmung und Witterungsschutz in Ländern

¹¹⁰ vgl. Roemert, T.: Dach- und Fassadenbegrünung, Vorlesungsreihe „Ökologische Gebäudetechnik“, Sommersemester 1996, URL <http://www.gbt.ch/knowhow/Doc500027/Default.htm>, (28.10.2015)

Nordeuropas, wie beispielsweise in Schweden, Finnland und Island, weit verbreitet. Diese Funktionsvariante nennt man im Fachjargon „Grassodendach“.¹¹¹ Die Entwicklung von neuen, leistungsfähigeren Baumaterialien und die Integration von Gründächern als Stilmittel in der Architektur ließen diese Technik an der Wende des 19. Jahrhunderts wieder aufleben.



Abbildung 14: Grassodendach auf den Färöer-Inseln¹¹²

In der heutigen Zeit, die von intensiver Bebauung und immer weniger Grünflächen im urbanen Bereich geprägt ist, wird die vormalige Entscheidung zur Erstellung einer Dachbegrünung aus architektonisch-stilistischer Sicht immer mehr zu einer gesellschaftlichen Forderung an das Bauwesen. Am Produktionsstandort der Magna-Steyr Fahrzeugtechnik wird beispielsweise in der Bauordnung der Stadtgemeinde Graz in den „Freiraumplanerischen Standards für die Baulandgestaltung“ eine Dachbegrünung für Flachdächer und Dächer bis 10 Grad Neigung ab einer Fläche von 50 Quadratmetern bereits zwingend vorgeschrieben.¹¹³ Aber auch in anderen europäischen Ländern werden die

¹¹¹ vgl. LKG Ingenieurbüro für Bautechnik: Grassodendach, Fachbegriffe, 04.07.2013, URL <http://www.elkage.de/src/public/showterms.php?id=3326>, (29.10.2015)

¹¹² vgl. Heinig, C.: 18.08.2010 Torshavn/Färöer-Inseln, URL http://millisglashaus.blogspot.co.at/2010_08_18_archive.html, (19.11.2015)

¹¹³ vgl. Graz.at: Freiraumplanerische Standards, Stadtplanungsamt, Themenliste Dachbegrünung, URL http://www.graz.at/cms/dokumente/10080561_1552913/8acd365e/09_FRP_STand_dachbegrueung.pdf, (29.10.2015)

Gesetze rund um Naturschutz und Grünflächenerhalt durch Schaffung von Dachbegrünungen weiter verschärft, wie zum Beispiel „Die Eingriffs-Ausgleichs-Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes“ in Deutschland deutlich zeigen.¹¹⁴

Abgesehen von der gesetzlichen Notwendigkeit kann diese Bautechnik aber auch in betriebswirtschaftlicher Hinsicht nachhaltige und längerfristige Potentiale zur Verfügung stellen. Um diese jedoch vollumfänglich ausschöpfen zu können, muss eine sorgfältige und umsichtige Planung vorausgehen.

Im Allgemeinen folgen Dachbegrünungen einem sehr ähnlichen Muster im Aufbau, das je nach Anwendung, Materialien und Voraussetzungen mehr oder weniger stark adaptiert wird. Beim einfachsten wird, von unterster nach oberster Lage betrachtet, auf eine bestehende Dachhaut eine wasserdichte Schicht aufgetragen. Auf diese folgen dann eine Schutzbahn gegen Durchwurzelung, um die Pflanzen von einer Beschädigung der Dachabdichtung abzuhalten, und darauf eine Drainageschicht, die überschüssiges Wasser ableiten soll. Auf diese Schicht wird dann ein Vlies aufgetragen, welches feinste Sedimente von der Durchdringung und der darauf folgenden Verschlammung der Drainage abhalten soll. Über dieser Schicht sitzt schließlich das Substrat (Nährboden), für die letzte Schicht, welche die Pflanzen selbst bilden.

Obwohl jeder Aufbau einer Dachbegrünung grundsätzlich die gleichen Züge aufweist, kann doch, je nach verwendeter Pflanzengattung, die Dachbegrünung in zwei unterschiedliche Grundtypen eingeteilt werden: Die intensive und die extensive Begrünung.

Bei der intensiven Dachbegrünung wird auf einer mindestens 20 Zentimeter dicken Substratschicht Vegetation in Form von Rasen, tiefwurzelnden Gräsern, Büschen, Sträuchern und vereinzelt auch kleineren Bäumen aufgebracht. Diese Begrünung hat zwar den Mehrnutzen, dass die Fläche als Gartenersatz und als

¹¹⁴ vgl. Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V.: Dachbegrünung vom Fachbetrieb, Argumente für fachgerechte Dachbegrünungen, URL <http://www.fbb.de/dachbegruenung/dachbegruenung-pro-gruendach>, (29.10.2015)

natürlicher Lebensraum für verschiedenste Tierarten dienen kann, stellt aber für die Statik von bestehenden Gebäuden eine Herausforderung dar. Die dicke Substratschicht kann pro Quadratmeter eine Mehrbelastung von fast 10 Kilonewton betragen und ist gerade bei Industriehallendächern zumeist nur durch umfangreiche, kostenintensive Maßnahmen zur Aussteifung der Dachkonstruktion realisierbar.¹¹⁵

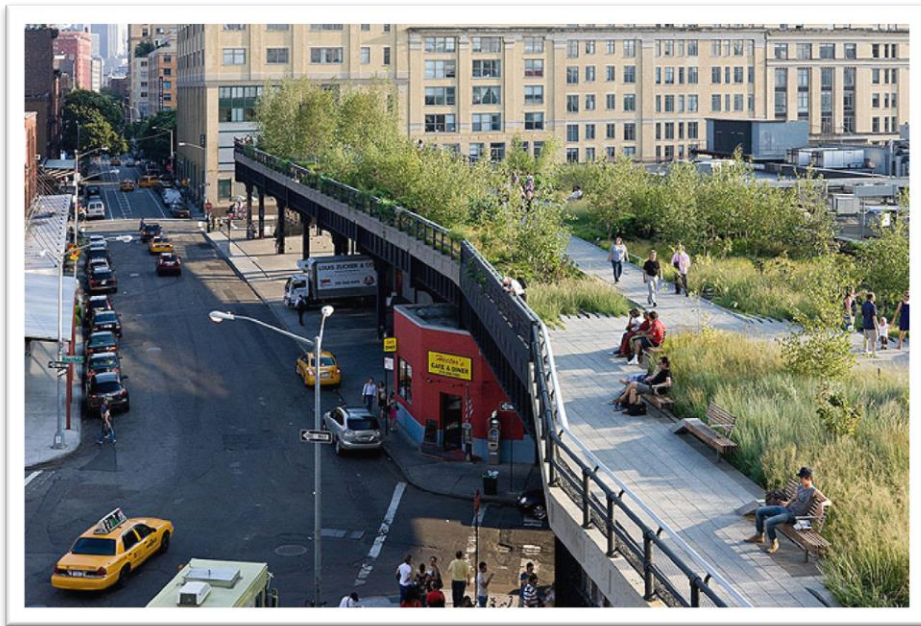


Abbildung 15: High Line Park / New York; intensiv begrünte, alte Bahntrasse¹¹⁶

Da das Dach und dessen Dichtheit unbedingt vor Durchwurzelung geschützt werden muss, ist hier ebenfalls auf eine sorgfältige und exakte Planung bei der Art und Dicke der Schutzschicht zu achten. Zusätzlich stellen diese hohen Gewächse einen Mehraufwand bei der Pflege dar. Weil im Fall einer intensiven Begrünung die Begehbarkeit des Daches zumeist eine Prämisse darstellt, muss hier auch besonderes Augenmerk auf die Installation von umfangreichen Sicherheitsvorkehrungen gelegt werden. Dafür stellt diese Art der Dachbegrünung

¹¹⁵ vgl. Roemert, T.: Vortrag Dach- und Fassadenbegrünung, Vorlesungsreihe „Ökologische Gebäudetechnik“, Geschichte der Dachgärten, 12. Juli 1996, URL <http://www.gbt.ch/knowhow/Doc500027/Default.htm#as-h3-412539>, (29.10.2015)

¹¹⁶ vgl. URL http://iwan.com/photo_Diller_Scofidio+_Renfro_Field_Operations_Highline.php?plaat=DSR-Highline-09-08-3618.jpg, (19.11.2015)

einen wirklich adäquaten und vollumfänglich nutzbaren Ersatz für zuvor bebaute Grünfläche im urbanen Bereich dar.

Im Gegensatz dazu begnügt sich die extensive Dachbegrünung durch den Bewuchs mit verschiedensten Moosen und Kräutern mit einer Substratschicht von nur circa 4 Zentimetern. Dies bedeutet für das Dach eine durchschnittliche Mehrbelastung von 1,5 Kilonewton pro Quadratmeter. Da Hallendächer oft mit Kiesschüttungen bedeckt werden und diese eine Flächenbelastung von 3,5 und mehr Kilonewton je nach Höhe der Schüttung aufweisen, ist für eine mögliche Umrüstung auf extensive Dachbegrünungen gerade bei Industriehallen oftmals genug Reserve in der Statik vorhanden.

Die Tatsache, dass die bevorzugte Vegetation der extensiven Variante sehr pflegeleicht, nahezu selbsterhaltend, selbst vermehrend und äußerst robust ist, macht sie wie geschaffen für große Flachdächer. Gerade die Widerstandsfähigkeit in Bezug auf starken Wind und sengender Hitze, wie oft im Sommer bei großen Flachdächern vorherrschend, bietet die größten Vorteile dieser Pflanzenarten. Die Pflegeleichtigkeit wiederum setzt die laufenden Kosten für die Bewirtschaftung auf ein absolutes Minimum. Weiters sind durch den sehr niedrigen und einfachen Schichtenaufbau der extensiven Begrünung die Herstellungskosten im Vergleich zur intensiven erheblich niedriger. Der Nachteil ist jedoch, dass die extensiv begrünten Dächer nur für Wartungsarbeiten, jedoch nicht dauerhaft begehbar sind, und somit keinen Vollersatz für bebaute urbane Flächen darstellen.

Beide Dachbegrünungsvarianten bergen jedoch den Vorteil einer Schutzfunktion für die eigentliche Dachhaut. Dabei wird die direkte Sonneneinstrahlung durch die Vegetationsschicht abgeblockt und somit teure wiederkehrende Wartungsarbeiten, welche durch UV-Schäden verursacht werden, auf ein Minimum reduziert. Dies gilt auch für andere Umwelteinflüsse wie beispielsweise Hagel, der durch die federnde Wirkung der Pflanzen abgeschirmt wird.

Zudem wird schadstoffbelasteter Regen, der Kunststoffe und Metalle der Dachhaut korrodiert, durch die Vegetation absorbiert. Gleiches gilt auch für Feinstaub, der in Beckenlagen wie dem Großraum Graz ein großes Problem

darstellt. Feinstaub bindet sich in der Dachvegetation und ist somit der Winderosion entzogen.

Ein weiterer Vorteil ist die Wärmedämmwirkung der verschiedenen Substrat- und Schutzschichten, die bei der intensiven Begrünung zwar durch die größere Schichtdicke erheblich höher ist, sich jedoch bei beiden Varianten deutlich bemerkbar macht. Diese Eigenschaft kann eine herkömmlich verwendete Kiesschicht auf einem Flachdach nur sehr bedingt bieten. Ein weiterer Effekt dieser wärmedämmenden, und vor allem wärmeregulierenden Eigenschaft ist die Minimierung von Schäden durch Temperaturdehnungen. Oftmals entstehen bei Kiesdächern gravierende Risse in der Abdichtung, weil Wärme ungehindert bis zur Dachhaut vordringen kann und das Dichtmaterial für die Dachhaut die Temperaturbewegungen der Oberfläche nicht mehr kompensieren kann.¹¹⁷

Die Speicherfähigkeit der Substratschicht gegenüber Regenwasser wirkt sich wiederum in mehrerlei Hinsicht positiv aus. Einerseits wird Niederschlagswasser gebunden und nicht sofort über die Dachrinnen in die Kanalisation abgeleitet, andererseits bewirkt die langsame Verdunstung der aufgenommenen Niederschlagsmenge nach der Regenphase ein kühleres Klima im Umfeld des begrünten Daches. Diese Eigenschaft wird in dieser Arbeit noch näher betrachtet und soll exemplarisch den positiven wirtschaftlichen Faktor dieser Technik zeigen.

Weiters hat sich herausgestellt, dass die Pflanzen auch Schallwellen, wie zum Beispiel von Verkehrslärm, bis zu einem gewissen Maße absorbieren und Lärmbelastung somit deutlich reduzieren können.

Im Sinne von Cradle to Cradle werden sehr viele Begrünungssysteme bereits als vollumfänglich kompostierbar konzipiert. Sie sind also nach dem Verständnis des biologischen Kreislaufs nach Verwendung wieder Nahrung für neue Dachbegrünungen. Zusätzlich erhöhen die Pflanzen durch die Photosynthese den

¹¹⁷ vgl. Baunetzwissen.de: Schutz der Dachhaut, Fachwissen, Gründächer, URL http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Flachdach_Schutz-der-Dachhaut_156181.html, (20.11.2015)

Sauerstoffgehalt und reduzieren den Kohlendioxydgehalt in der Umgebung der Halle.¹¹⁸

5.3.2 Vorarbeiten zur Dachbegrünung

Wie bereits erwähnt, ist für die Installation einer effektiven Dachbegrünung eine äußerst sorgfältige Planung notwendig. Diese sollte mit einer umfangreichen Evaluierung des IST-Zustandes beginnen und folgende Punkte beinhalten:

1. Erfassung aller relevanten baustatischen Kenngrößen der Dachkonstruktion wie beispielsweise die bestehende Flächenlast (durch Dämmung, Abdichtung, Beplankung und eventuell bereits bestehender Kiesschüttung) und die maximal mögliche Flächenlast
2. Sammlung aller baurechtlichen Bundes-, Landes- und Gemeindevorgaben in Bezug auf Dächer (bei Großprojekten meist von einem gewerblichen Baumeister abgedeckt)
3. Erfassung der Oberflächengeometrie wie Gesamtfläche, Fläche und Bemaßung der Durchdringungen wie etwa Dachkuppeln oder Luftauslässe für Absaugungen, Dachneigung, besondere Falzprofile innerhalb der Blechhaut mit Abmaßen, Position bereits vorhandener Zuleitungen für die Bewässerung bei längeren Trockenperioden, usw.
4. Sorgfältige Begutachtung des Zustands des bestehenden Daches in Bezug auf Dichtheit, vor allem in den Randzonen und in Anschlusszonen zu Dachdurchdringungen, Beschädigungen oder Verformungen in der Blechhaut und Überprüfung auf einwandfreie Funktion der Ablaufsysteme für Regenwasser

¹¹⁸ vgl. Chemie.de: Photosynthese, Lexikon, URL <http://www.chemie.de/lexikon/Photosynthese.html>, (18.11.2015)

5. Erfassung der verwendeten Materialien im bestehenden Dachaufbau und deren chemische Zusammensetzung (wichtig, um der Beschädigung der Dachbegrünungsschichten durch chemische Reaktionen des Untermaterials und eine Vernichtung der zukünftigen Bepflanzung durch vegetations-schädigende Materialien vorzubeugen)
6. Ausrichtung der Halle in Bezug auf Sonneneinstrahlung oder oft herrschender Windrichtungen und Schattenwurf von höheren Gebäuden im Umfeld der Industriehalle
7. Evaluierung der regional üblich anzutreffenden Vegetationsarten im Gebiet des Produktionsstandortes und deren mögliche Nutzung für die Dachbegrünung (heimische Vegetation ist auf die regional herrschenden Zustände erheblich besser angepasst als importierte Arten)
8. Erfassung aller Schutzeinrichtungen im Sinne des bausicherheitstechnischen Verständnisses
9. Höhe der Budgetierung und zeitliche Vorgaben für die Umsetzung

Auf Basis dieser gesammelten Daten kann nun in Abstimmung zwischen Gebäude-planung, Baumeister, Statiker, Gartenplaner und Hallenbetreiber die effektivste Variante der Dachbegrünung ermittelt werden. Um unnötige Mehraufwände oder doppelte Arbeitsschritte zu vermeiden, empfiehlt es sich nicht, bereits in der Planungsphase mit Vorarbeiten auf dem Dach zu beginnen. Beispielsweise kann vorhandene Kiesschüttung bei der Einfassung von Dachdurchdringungen oder den Randzonen des Dachs weiter verwendet oder können bereits länger geplante Sanierungsvorhaben an der Dachabdichtung durch die Installation der Begrünung abgedeckt werden.

5.3.3 Evaluierung Hallenkühlung G-Klasse Produktion

Besteht das Bestreben, eine bereits längerfristig existierende Produktionshalle zu sanieren und zu modernisieren, so steht man oftmals einer Vielzahl von Herausforderungen gegenüber. Die Produktionshalle der G-Klasse, die ihren Baubeginn im Jahre 1975 hatte, fällt in diese Kategorie.¹¹⁹

Im Jahr 2013 wurde zum Beispiel die bereits in die Jahre gekommene Fertigungstrecke vollständig erneuert und erweitert. Um die sehr knappe Umbauzeit von 5 Wochen zu gewährleisten, beschäftigte sich das Umbauteam inklusive der unterstützenden Bereiche über 10 Monate lang intensiv mit der Planung dieser Erneuerung.¹²⁰

Auf die gleichen Herausforderungen stößt man, wenn man anstatt der Neugestaltung des „Innenlebens“ einer Fertigungshalle deren Außenhülle umgestaltet. Oftmals trifft man hier auf Zu- und Aufbauten, die entweder über die Minimierung der vormals festgelegten rechnerischen Sicherheit oder über die Ausdünnung anderer baulicher Gegebenheiten realisiert wurden. Betrachtet man hier im Speziellen die Dachkonstruktion der G-Klasse-Produktion, so ist schnell festzustellen, dass bei der Neugestaltung der Montagestrecke und deren Mehrbelastung an die Hallenstatik, die Flächenlast des Daches über die Entfernung der Dachschüttung ausgeglichen wurde. Diese Maßnahme reduzierte zwar kurzfristig die Kosten für die lastmäßige Erweiterung der Tragfähigkeit des Hallendachs, warf jedoch durch die Entfernung der dringend benötigten Schutzschicht anderweitige Probleme in Hinblick auf die Dichtheit auf.

Die hohen Temperaturen in den Sommermonaten und die permanente Beanspruchung durch UV-Licht legt aber nahe, dass sich ohne Erneuerung der Schutzschicht diese Thematik erheblich ausweiten könnte.

¹¹⁹ vgl. Daimler.com: Runder Geburtstag für eckigen Erfolgstyp-30 Jahre jung: Die G-Klasse, Marken und Produkte, Mercedes-Benz Cars, Mercedes-Benz PKW, G-Klasse, Modellgeschichte, URL <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-657098-49-1178568-1-0-0-0-0-0-0-0-1-0-0-0-0-0.html>, (03.11.2015)

¹²⁰ vgl. Magna.com: Magna modernisiert und erweitert die Produktion für Mercedes-Benz G-Klasse, Medien, Pressemitteilungen und News, URL <http://www.magna.com/de/medien/pressemitteilungen-news/news-page/2013/09/27/pressemitteilung---magna-modernisiert-und-erweitert-die-produktion-f%C3%BCr-mercedes-benz-g-klasse>, (03.11.2015)

Für die Planung einer Dachbegrünung bedeutet dies nun, dass durch die Entfernung der erheblich schwereren Kiesschüttung eine Dachbegrünung nicht ohne genauere Betrachtung und Nachrechnung der Flächenlast umsetzbar ist.

Abgesehen von der Schädigung der Dachhaut wegen hoher Beanspruchung durch Sonneneinstrahlung, hat die Hitze im Umfeld der Fertigung negative Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Montagemaschinen und die Arbeitsfähigkeit der Mitarbeiter innerhalb der Produktionshalle. Dauertemperaturen jenseits von 30° Celsius bringen Mitarbeiter an die Grenzen ihrer Belastbarkeit und erschweren Fahrzeuginbetriebnahmen, bei denen ein reproduzierbarer Betriebszustand der Fahrzeuge zwingend erforderlich ist.

Auch elektrische Steuerungen, die für gewöhnlich selbst sehr viel Wärme produzieren und deshalb durch Kleinklimageräte gekühlt werden müssen, sind bei Überschreitung der erwähnten Halleninnentemperatur vermehrt störanfällig. Dass die Kühlaggregate der elektrischen Anlagen nicht mehr in der Lage sind, die optimale Wirkung zu erzielen, hat aber nicht nur Störungen sondern oftmals auch völlige Systemausfälle zu Folge.

Aus diesem Grund wurde für die Montagehalle eine Klimatisierung angedacht, welche die Innentemperatur auf einem stabilen Niveau von 6° Celsius unter der äußeren Temperatur halten sollte.

Technisch würde hier die Installation einer dementsprechend dimensionierten Kältemaschine Abhilfe schaffen. Diese arbeitet nach dem Schema, dass auf der zu kühlenden Seite Wärme entzogen wird und durch eine Pumpe energetisch angereichert – also weiter erwärmt - die Wärmedifferenz auf der Außenseite wieder abgegeben wird. Hierbei wird mit einem Kompressor Kühlmittel verdichtet, mittels eines Kondensators abgekühlt, durch eine Drossel und einem danach folgendem Verdampfer wieder expandiert und somit einem anderen Medium, wie Luft oder Wasser, Wärme entzogen. Genutzt wird hier die Eigenschaft bestimmter

Kältemittel, zwischen den Arbeitstemperaturen (kühle und warme Seite) auch zwischen den Aggregatzuständen flüssig und gasförmig zu wechseln.¹²¹

Nachteil dieser Technik ist jedoch, dass die Wirkung dieser Maschinen durch den Arbeitsbereich der Kältemittel beschränkt wird. Weiters sind die hohen Anschaffungskosten für solche Anlagen zu vermerken.

Durch die elektrisch angetriebenen Kompressoren, und zusätzlich bei Wärmetauschersystemen auf Wasserbasis durch die elektrischen Umwälzpumpen, erzeugen diese Systeme auch nicht unbeträchtliche Betriebskosten in Hinblick auf den Stromverbrauch. Dass die Wartungen und Reparaturen solcher Anlagen speziell geschultes Fachpersonal erfordern, und deshalb oft als Fremdleistung teuer zugekauft werden müssen, sei hier nur am Rande erwähnt.

Ein wirklicher Vorteil ist die einfache und meist schon durch die Hersteller gelieferte Planung solcher Kältemaschinen, kann hier doch aus langjähriger Erfahrung mit diesen Systemen die richtig dimensionierte Gesamtanlage bereitgestellt und oft auch im selben Zuge installiert werden. Der Komfort, die Temperatur auf Knopfdruck mit kurzer Vorlaufzeit einzustellen und konstant, sofern das Kältemittel noch im optimalen Arbeitsbereich Wirkung zeigt, zu halten, ist ebenfalls als Vorteil zu werten.

5.3.4 Dachbegrünung versus Kältemaschine

Wie bereits diskutiert, wird in Produktionshallen der die Innentemperatur bis zur physischen Unerträglichkeit gesteigert, indem einerseits Sonnenenergie durch die Außenhaut direkt und anderseits indirekt durch den vorgeschriebenen Luftdurchsatz für Mensch und Maschine über die zuströmende Außenluft in den Innenbereich eingebracht wird.

¹²¹ vgl. Ingenieurbüro Dolder-Energie und Gebäudetechnik: Erklärung der Begriffe Kälteerzeugung / Kältemaschine, Wissen, Kälte, URL <http://www.dolder-ing.ch/wissen/Kaelte/begriff-erklaerung-kaeltemaschine-kaelteerzeugung-waermepumpe.htm>, (04.11.2015)

Evaluierungen in der Vergangenheit in Bezug auf Zuluft- und Absauganlagen haben gezeigt, dass das durchschnittliche Absaugvolumen in mit der G-Klasse vergleichbaren Produktionshallen, auf eine 8-Stunden-Schicht gerechnet, bei ungefähr 75.000 Kubikmeter Luft pro Stunde liegt. Diese Luft wird durch Hallentore und Zuluftklappen aus dem Außenbereich der Halle wieder zugeführt, und trägt erheblich zur Aufheizung der Halle in den Sommermonaten bei.

Um nun beide Systeme nach wirtschaftlichen Aspekten vergleichen zu können, ist eine genauere Betrachtung der tatsächlichen Anforderungen und Aufwände für beide Systeme notwendig. Da Dachbegrünungen je nach Größe und Ausführung gezeigt haben, dass eine Reduzierung der herkömmlich herrschenden Außentemperatur um 6° Celsius möglich ist, sollte die Anforderung der bereits erwähnten 6° Celsius Stütztemperatur der Kältemaschine bei beiden Systemen erfüllt und auch vergleichbar sein.¹²²

Die Art und Weise, wie das gewünschte Klima für den Innenbereich der Produktionshalle bewerkstelligt wird, unterscheidet sich jedoch grundlegend. Die Klimaanlage arbeitet nach dem Prinzip Entzug von Wärme aus dem Inneren der Montagehalle und Abgabe dieser an den Außenbereich. Dass sich hier ein Schneeballeffekt abzeichnet, ist schnell erkennbar: Die hohe Außentemperatur um die Halle wird zusätzlich durch die Arbeitsweise des Klimageräts erhöht, was wiederum den Wärmeeintrag von außen nach innen weiter steigert.

Luftströmungen in Form von Wind um die Halle könnten zwar diese Energie, und zwar auch die der aufgeheizten Außenhaut, abtransportieren und zusätzlich minimieren, dieser Effekt würde sich aber auch ohne Klimatisierung zeigen. Wie in den vergangenen Jahren jedoch oftmals vom Autor persönlich festgestellt, haben Windströmungen als Kühlung für die Halle keine große Verbesserung gezeigt.

¹²² vgl. Mann, G.: Dach- und Fassadenbegrünungen schützen, dämmen, kühlen und verbessern das Kleinklima, optigruen.de, Aktuelles, Download Presse, URL <http://www.optigruen.de/aktuelles/download-presse/dach-und-fassade/>, (19.11.2015)



Abbildung 16: Extensive Dachbegrünung einer Industriehalle¹²³

Die Dachbegrünung kehrt jedoch die Herangehensweise des Klimageräts vollkommen um. Anstatt die Innentemperatur über die Erhöhung der Außentemperatur – zuvor bei der Arbeitsweise der Kältemaschinen bereits erklärt - zu senken, wird hier die Wärmeentfaltung im Außenbereich selbst reduziert und der erhöhte Energieeintrag über die aufgeheizte Zuluft gemindert. Vereinfacht heißt das, dass nicht die aufgeheizte Ansaugluft durch Verschwendung von elektrischer Energie wieder gekühlt wird, sondern dass das Vorhandensein von heißer Ansaugluft nach dem Motto „Vermeiden statt Kompensieren“ selbst eingedämmt wird.

Am deutlichsten zeigen sich jedoch die betriebswirtschaftlichen Vorteile beim Vergleich der Installationskosten. Nach der Berechnung der erforderlichen Kühllast werden die technischen Anforderungen für die Kältemaschine eruiert. Hier zeigte sich, dass ein Aggregat mit einer Kühlleistung von circa 1700 Kilowatt

¹²³ vgl. Outdoor-Design.de: Images Tagged "Extensive Dachbegrünung", Dachbegrünung, URL http://www.outdoor-design.de/ngg_tag/extensive-dachbegrueung/, (19.11.2015)

ausreichen würde. Die auf dieser Basis ausgewählte Anlage erfüllt auch diese Anforderung.

5.3.5 Kostenermittlung Klimagerät für die G-Klasse Produktion

Ein fiktives Angebot für eine fertig installierte Klimatisierung der Produktionshalle G-Klasse mittels eines Klimageräts mit einer Kühlleistung von 500 Kilowatt als Neuanschaffung und der zusätzlichen Nutzung von zwei Bestandsgeräten mit einmal 546 Kilowatt und einmal 660 Kilowatt, soll inklusive Vorarbeiten, Mediovorbereitungen und Steuerungskosten rund 2,25 Millionen Euro betragen.

Bei idealen Bedingungen, also bei einem hier vom Anlagenhersteller ermittelten EER-Wert –Energy Efficiency Ratio Wert- von 3,96 für die erste Maschine, für die zweite von 3,96 und für die dritte von 2,98 ergibt sich eine Kühlleistung von 1.700 Kilowatt und eine Gesamtleistungsaufnahme der drei Klimageräte von 486 Kilowatt.

Bei genauerer Betrachtung der Datenblätter solcher Kältemaschinen sticht jedoch eine Zusatzangabe ins Auge: Leistung der Anlage bei einer Außentemperatur von 32° Celsius, sprich die Effizienzwerte sind nur bei diesem Außentemperaturwert zu erzielen. Dies scheint auf ersten Blick eine sehr hohe Sicherheitsschwelle in Bezug auf die Außentemperatur zu sein, gab es doch im Rekordsommer 2015 zwischen Juni und September lediglich 34 Tropentage, sprich Tage über der 30° Celsius-Marke, in Graz.¹²⁴

Da als Aufstellungsort für solch eine Kältemaschine aus platztechnischen Gründen meist direkt das Dach oder ein Anbau an der zu klimatisierenden Halle gewählt wird, werden dort durch die Abstrahlungswärme der Hallenaußenhülle jedoch weit höhere Temperaturen als im Freiland erreicht.

¹²⁴ vgl. ZAMG: Tropentage 2015 in der Steiermark, URL [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CBp1Sy2GmnlJ:https://stmk.lko.at/media.php%3Ffilename%3Ddownload%253D%252F2015.10.30%252F1446197401261931.pdf%26rn%3DTropentage%2520Steiermark.pdf+%&cd=7&hl=de&ct=clnk&gl=at,\(08.11.2015\)](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CBp1Sy2GmnlJ:https://stmk.lko.at/media.php%3Ffilename%3Ddownload%253D%252F2015.10.30%252F1446197401261931.pdf%26rn%3DTropentage%2520Steiermark.pdf+%&cd=7&hl=de&ct=clnk&gl=at,(08.11.2015))

Einer Messung von Forschern der NASA und der Columbia University im August des Jahres 2010 im Stadtteil Queens, New York, zur Folge, können sich Dächer mit dunkler Oberfläche bei starker Sonneneinstrahlung auf bis zu 82° Celsius Spitze aufheizen, im Regelfall liegen bei diesen Bedingungen die gemessenen Oberflächentemperaturen aber bei allen Dächern um mindestens 30° Celsius höher als die meteorologisch gemessenen Außentemperaturen.¹²⁵ Dies würde bedeuten, dass eine auf dem Dach oder an der Außenwand installierte Klimaanlage in den meisten Fällen die gewünschte Kühlleistung nicht ansatzweise liefern könnte und eigentlich um vieles leistungsstärker dimensioniert werden müsste.

Um einen Kostenvergleich trotzdem zu ermöglichen, wird hier von einem für die Anlage optimalen Aufstellungsort ausgegangen, der fiktiv keine zusätzlichen Aufwände bei der Verrohrung zwischen Verdichtereinheit und Verdampfeinheit aufwirft und für die Geräte die vom Hersteller angegebenen Prüfbedingungen in Bezug auf Außentemperatur bieten kann.

Um den Vergleich weiter zu vereinfachen, wird auch von einer technischen Nutzdauer von 20 Jahren ausgegangen, weil nach Ablauf dieser Zeitspanne die Klimageräte vollständig ausgetauscht werden müssten. Dies würde bedeuten, dass bei einem Einzelpreis für ein 500 Kilowatt-Klimagerät von circa Euro 450.000,- und dem Austausch von 3 dieser Geräte nach Ablauf der 20 Jahre weitere 1,35 Millionen Euro an Kosten auftreten würden.

Neben den Anschaffungskosten fallen jedoch auch erhebliche Betriebskosten an. Ein sehr leicht zu eruiender Teil davon sind die Energiekosten, die sich aus der Einschaltzeit in Stunden innerhalb eines Jahres, der Leistungsaufnahme der Anlage pro Stunde und dem Industriepreis in Cent je Kilowattstunde zusammen. Nimmt man die Energiepreiserhebung der Firma E-Control für das Jahr 2014 so

¹²⁵ vgl. Spiegel-Online.de: Satellitenbild der Woche-Stadtdach schlägt Wüstensand, Nachrichten, Wissenschaft, Natur, URL <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/satellitenbild-temperatur-an-stadtdaechern-hoeher-als-in-der-wueste-a-828784.html>, (08.11.2015)

ergibt sich ein gewichteter Durchschnittspreis von 4,82 Cent pro Kilowattstunde für den Bereich Industrie.¹²⁶

Um eine Einschaltdauer für die Anlage zu ermitteln, muss zuerst die Anzahl der Sommertage, also der Tage mit einer Tageshöchsttemperatur von größer oder gleich 25° Celsius, eruiert werden. Diese Zahl lag im Jahr 2015 bei 84 Tagen, aufgezeichnet am meteorologischen Messpunkt Graz-Ragnitz.¹²⁷ Geht man nun weiter von einer Einschaltdauer von 09.00 Uhr bis 22.00 Uhr aus, also 11 Stunden pro Sommertag, so ergibt sich eine Gesamteinschaltdauer von durchschnittlich 924 Stunden pro Jahr. Einschaltzeiten mit gedrosselter Leistung oder Leerlaufzeiten, bei denen die Anlage nur im Stand-by-Modus betrieben wird, ebenso Zeiten mit erhöhter Leistungsaufnahme für das Anfahren der Anlage, oder für den Betrieb bei Tropentagen werden hier nicht berücksichtigt.

Da die Produktionsanlagen ebenfalls Wärme abgeben, und durch den Betrieb der Absauganlagen weitere warme Luft aus der Umgebung der Halle eingetragen wird, kann auch an Tagen unterhalb der 25° Celsius-Marke ein Einschalten der Klimaanlage notwendig sein. Dies wird in Bezug auf Einschaltdauer ebenfalls nicht miteingerechnet, soll jedoch verdeutlichen, dass der reale Stromverbrauch erheblich höher liegt, als in diesem Modell angenommen.

Multipliziert man nun die Gesamteinschaltdauer mit dem Verbrauch der Anlage pro Stunde – ergibt 449.064 Kilowattstunden - und zusätzlich den Preis pro Kilowattstunde Industriestrom, so lassen sich Kosten rein nur für den Energieverbrauch von aufgerundet Euro 21.645,- für den Betrieb der Anlage in den 84 Sommertagen ermitteln. Hochgerechnet auf 20 Jahre bedeutet dies Gesamtkosten von Euro 432.900,-.

¹²⁶ vgl. E-Control.at: Strompreise für Gewerbekunden, Strom, Energiepreise im Gewerbebereich 2014, Url <http://www.e-control.at/industrie/strom/strompreis/gewerbepreise>, (08.11.2015)

¹²⁷ vgl. Wetterarchive: Graz-Ragnitz, Austria, Sommertage, URL <https://www.boulderhoelle.at/Weather/?Mode=StatistikDetail&Type=SommerTage&Jahr=2015&Monat=>, (08.11.2015)

Zu diesen reinen Energiekosten des Klimakompressors der Anlage kommen einerseits Energiekosten für Zusatzaggregate, wie zum Beispiel Ventilatoren bei luftgekühlten Klimageräten oder Wasserpumpen für den Transport des Kühlmediums, und andererseits die Wartungskosten für die gesamte Anlage hinzu. Bei einer Leistungsaufnahme der Kühlventilatoren von 19 Kilowatt je Klimagerät und denselben Kennzahlen, wie aus der vorigen Berechnung, so erhöhen sich die Kosten für Energiebedarf jährlich um weitere (gerundet) Euro 2.540,-, und auf 20 Jahre betrachtet, um Euro 50.770,-.

In Hinblick auf die Wartungskosten pro Jahr stellt sich ein noch drastischeres Bild hinsichtlich der laufenden Kosten dar. Laut Erfahrungswerten aus der Instandhaltung, belaufen sich diese auf Euro 3.500,- je Maschine und Jahr. Somit erhöhen sich die Kosten für den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren um weitere Euro 210.000,-.

Je nach Art der gewählten Technik für die Kühlluftverteilung in der Halle, entstehen weitere Betriebskosten wie zum Beispiel für den Energiebedarf für Gebläseantriebe und deren Wartung inklusive der dazugehörigen Luftführungssysteme. Da hier jedoch auf bestehende Anlagentechnik zurückgegriffen werden kann, werden sie in dieser Berechnung nicht berücksichtigt.

Ein weiterer Kostenpunkt muss jedoch sehr wohl genauer betrachtet werden, nämlich die Kosten für die Kiesschüttung, die bei dieser Variante als Schutzmaßnahme für das Dach auf jeden Fall wieder hergestellt werden muss. Da das Dach der Produktionshalle G-Klasse über ein Kiesdach verfügte, und angenommen wird, dass das Material zum Teil noch vorhanden ist, sei hier bei den Herstellungskosten der halbe übliche Kostensatz von Euro 7,- pro Quadratmeter und 10 Zentimeter Schütthöhe, also Euro 3,50, für die Aufbringung

der Schüttung genommen. Hochgerechnet bedeutet das eine Summe von nahezu Euro 90.000,-.¹²⁸

Dem Irrglauben zum Trotz, dass eine Kiesschüttung vollkommen wartungsneutral sei, müssen hier auch die laufenden Kosten betrachtet werden. Diese belaufen sich jährlich auf Euro 0,20 pro Quadratmeter, was zu weiteren Kosten in der Höhe von Euro 102.800,- über den Berechnungszeitraum führt.

Wie man aber an den meisten Kennzahlen dieser Kostenermittlung erkennen kann, handelt es sich hier um sehr volatile. Zum Beispiel ist es sehr unwahrscheinlich – hier aber angenommen –, dass sich der Strompreis auf dem heute niedrigen Niveau halten wird, sondern sich analog anderen Energiearten ebenso verteuern wird. Auch ist der Anstieg bei Personalkosten für gut geschulte Facharbeiter bereits heute deutlich zu erkennen, somit scheinen die Wartungskosten für die Klimageräte ebenfalls nicht auf dem heutigen Stand zu bleiben, sondern werden gleich wie Energiepreise ebenfalls anziehen.

Eine fortschreitende Erwärmung des Klimas in Mitteleuropa könnte eine Erhöhung der Einschaltzeiten nach sich ziehen, und somit ebenfalls die Betriebskosten empfindlich steigen lassen. Da sich hier jedoch nur Schätzungen anstellen lassen, werden diese Kosten für die Berechnung als stabil angenommen. Angemerkt sei nur, dass sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine Steigerung der Energiepreise, die zunehmende Klimaerwärmung und steigende Kosten bei zugekauften Wartungsdienstleistungen zu einem höchst negativen Potenzial auswachsen können.

¹²⁸ vgl. Mann, G. : Ansätze zu objektbezogenen Kosten-Nutzen-Analysen, URL http://www.gruendaecher.de/downloads/6553/6559/6775/PR_Kosten_Nutzen.PDF, (14.11.2015)

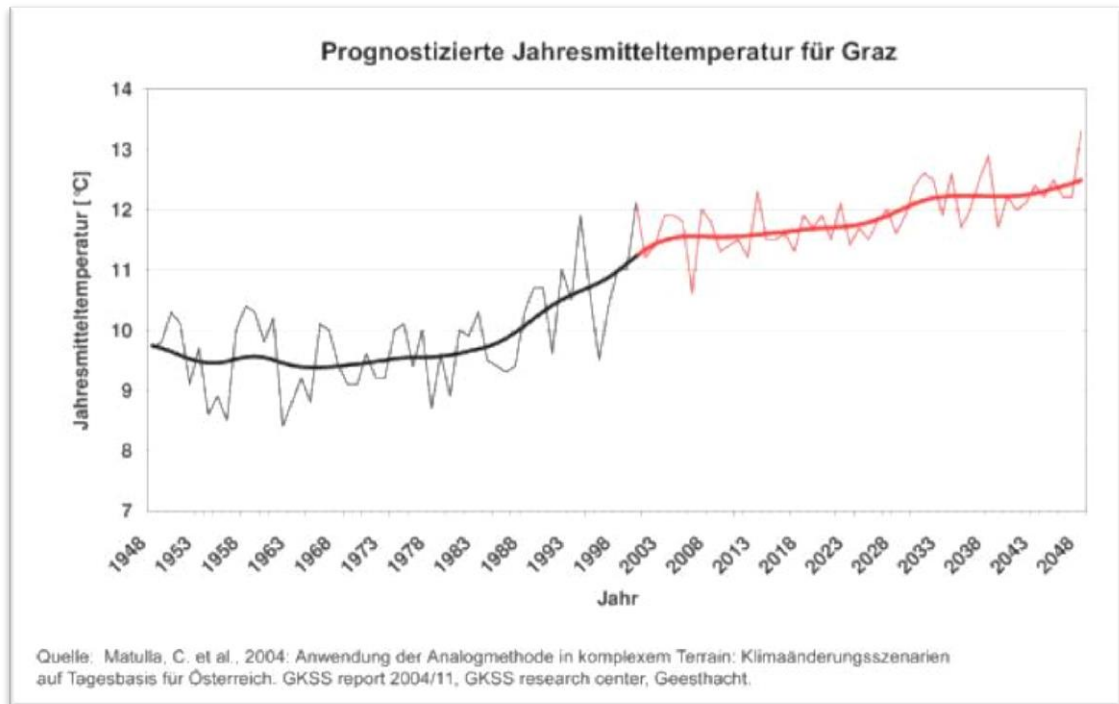


Abbildung 17: Prognostizierte Temperaturentwicklung für Graz/Österreich¹²⁹

5.3.6 Kostenermittlung Dachbegrünung der G-Klasse Produktion

Stellt man nun eine Berechnung der Dachbegrünung an, ist zu aller erst die Art der Begrünung auszuwählen. Da die Belastungsreserven der Dachkonstruktion der G-Klasse, wie bereits bei der Bestandsaufnahme erwähnt, durch Umbaumaßnahmen innerhalb der Halle auf ein Maximum ausgeschöpft wurden, ist eine intensive Dach-begrünung vorweg nicht anzuraten. Die erforderlichen Maßnahmen bei der Statik eine solche umzusetzen, würden die Kosten erheblich steigern. Auch in Anbetracht der höheren Pflegeaufwände für die Vegetation und der in Bezug auf die Temperaturempfindlichkeit weniger belastbaren Pflanzen, ist die intensive Variante bei sehr großen Flachdächern klar im Nachteil. Hier bietet sich nur mehr eine extensive Begrünung an, optimal wäre eine dementsprechende

¹²⁹ vgl. Matulla, C. : Anwendung der Analogmethode in komplexem Terrain, Klimaänderungsszenarien auf Tagesbasis für Österreich, GKSS Report 04/2011, GKSS research center, Geesthacht, URL <http://www.klimafit.at/bilder/grazgross.jpg>, (19.11.2015)

Leichtbauvariante, um für zukünftige Projekte noch genug Toleranz der Flächenlast bieten zu können.

Auf die bereits über Jahre in Mitleidenschaft gezogene und bereits Undichtigkeiten zeigende Dachhaut muss im Zuge der Vorarbeiten besonderes Augenmerk, im Speziellen auf das gewählte Material, gelegt werden. Hier gilt als absolute Prämisse die vollflächige Haftung des Dichtmaterials auf der Dachhaut, um die Gefahr sich an Unebenheiten stauendes und unterläufig eindringendes Wasser zu bannen. Zusätzlich muss hier für das Material gelten, dass die Dehnungen des Dachs bei großen Temperaturschwankungen ausgeglichen und dadurch Risse und Hohlraum-bildungen unter der Abdichtung minimiert werden können.

Ebenfalls ist die absolute Verträglichkeit des Dichtmaterials mit der Vegetation zu gewährleisten. Eine bewährte Methode ist hier die Flüssigkeitsabdichtung. In den meisten Fällen verwendet man dabei spezielle Harze, in Verbindung mit Dachbegrünungen sollte jedoch auf jeden Fall auf eine lösungsmittelfreie Variante geachtet werden. Die geforderten Eigenschaften erfüllen zum Beispiel vliesarmierte und lösungsmittelfreie Polyurethanharzabdichtungen. Da grundsätzlich bei der Produktionshalle der G-Klasse eine Dachabdichtung vorhanden ist, kann auf eine vollflächige Auftragung verzichtet und lediglich nur an den neuralgischen Punkten des Dachs eine Vorabdichtung vorgenommen werden. Diese Punkte wären zum Beispiel rund um die Dachdurchdringungen gegeben.

Wählt man nun ein vollständiges Gründachsystem, wie es von den meisten Anbietern geliefert werden kann, so lässt sich ein Preis von durchschnittlich Euro 12,- pro Quadratmeter eruieren.¹³⁰ Nimmt man nun die Gesamtfläche des Dachs der Produktionshalle G-Klasse mit circa 27.000 Quadratmeter an und reduziert diese noch um die Fläche der 584 Dachkuppeln von gesamt 1.307 Quadratmeter, so ergibt sich eine zu begrünenden Fläche von gerundet 25.700 Quadratmetern zu einem Gesamtpreis von Euro 308.400,-.

¹³⁰ vgl. Optigrün.at : Kosten-Nutzen-Analyse, Rechnet sich ein Gründach, 05/2007, URL http://www.optigruen.at/fileadmin/contents/Prospekte/2_Fachthemen/Optigruen-Kosten-Nutzen-Analyse.pdf, (14.11.2015)

Da Bepflanzungen, mögen sie auch noch so robust sein, einen zusätzlichen Pflegeaufwand darstellen, muss hier bei den Wartungskosten von Euro 0,50 pro Quadratmeter und Jahr extensiv begrüntes Hallendach ausgegangen werden. Dies bedeutet, dass für das Hallendach der G-Klasse Produktion jährliche Kosten von Euro 12.850,- und, hochgerechnet auf 20 Jahre, Gesamtkosten von Euro 257.000,- anfallen würden. Hier sei ein weiteres Mal angemerkt, dass die Durchrechnungsdauer wegen der Klimageräte gewählt wurde, da die Lebensdauer einer Dachbegrünung theoretisch unendlich ist. Was die Nutzungsdauer jedoch einschränkt, ist die Tatsache, dass bei einer Komplettisanierung der Dachabdichtung auch die Dachbegrünung entfernt werden muss. Da diese aber die Lebensdauer der Abdichtung verdoppeln kann, und eine herkömmlich geschützte Abdichtung 25 Jahre überdauert, bedeutet das für ein begrüntes Dach eine alle 50 Jahre wiederkehrende Revision.

Um die Kosten für die Installation einer Dachbegrünung so genau als nur irgendwie möglich mit denen der Klimatisierung der G-Klasse Halle vergleichen zu können, werden für interne Steuerungsaufwände, Aufwände für Beratung, Kosten für Gutachten und Einreichung und einer Sicherheit in der Budgetierung für unvorhergesehene Zusatzarbeiten weitere Euro 450.000,- eingeplant. Wäre eine Traglasterhöhung der Baustatik notwendig, um ein schwereres Dachbegrünungssystem zu implementieren, würden die Gesamtkosten drastisch steigen. Da die Entwicklung dieser Technik für Dächer aber bereits sehr gut voranschreitet, kann für nahezu jedes Gebäude eine aufwandsoptimierte Lösung angeboten werden.

5.3.7 Kosten-Vergleich Klimatisierung und Dachbegrünung

Im ersten Zug soll in diesem Kapitel nach Vorgabe der Nutzungsdauer von 20 Jahren die Gesamtkosten für beide Systeme ermittelt werden, und danach zwecks besserer Veranschaulichung auf die Kosten pro Quadratmeter und Jahr heruntergebrochen werden. Bei der Variante Klimatisierung der Produktionshalle mit Klimageräten setzen sich die Gesamtkosten aus den Anschaffungskosten mit

Euro 2.250.000,-, aus den Energiekosten für die gesamte Anlage von Euro 483.670,-, den Wartungskosten für die Anlage von Euro 210.000,-, der Aufbringung der Kiesschüttung von Euro 90.000,- und schlussendlich den Pflegekosten für die Schüttung von Euro 102.800,-. Dies bedeutet für die Variante Klimatisierung per Klimageräte einen Gesamtbetrag von gerundet Euro 3.136.500,-.

Die Gesamtkosten für die Variante Dachbegrünung setzen sich aus den Schaffungskosten in der Höhe von Euro 308.400,-, den Pflegekosten von Euro 257.000,- und den Kosten für Zusatzaufwände, Projektkostensicherheit und Steuerung von Euro 450.000,- zusammen. Dies ergibt gesamt einen Betrag von Euro 1.015.400,-.

Kältemaschine			Dachbegrünung		
Anschaffungskosten	€ 2.250.000,00	€	Anschaffungskosten	€ 308.400,00	€
Energiekosten	€ 483.670,00	€	Pflegekosten	€ 257.000,00	€
Wartungskosten	€ 210.000,00	€	Steuerungskosten	€ 450.000,00	€
Kiesschüttung	€ 90.000,00	€			
Pflegekosten Kies	€ 102.800,00	€			
Laufzeit	20	Jahr	Laufzeit	20	Jahr
Dachfläche	25.700	m2	Dachfläche	25.700	m2
Gesamt : € 3.136.470,00			Gesamt : € 1.015.400,00		
m2/Jahr : € 6,10			m2/Jahr : € 1,98		
Einsparung : 67,63 %					

Abbildung 18: Aufstellung Kältemaschine und Dachbegrünung

Um die Aussagekraft der etwas unübersichtlichen Gesamtbeträge wieder zu verbessern, ergibt sich gerechnet auf die Fläche und die Zeitspanne von einem Jahr ein Quadratmeterpreis für die Variante Klimagerät von rund Euro 6,10. Im Vergleich zur Variante Dachbegrünung mit einem Preis von rund Euro 1,97 pro Quadratmeter wird deutlich, wie viel Potential hier wirklich vorliegt. Mit anderen Worten gesagt, kostet das Gesamtpaket Dachbegrünung um 67,63 Prozent weniger, als jenes der Klimaanlage.

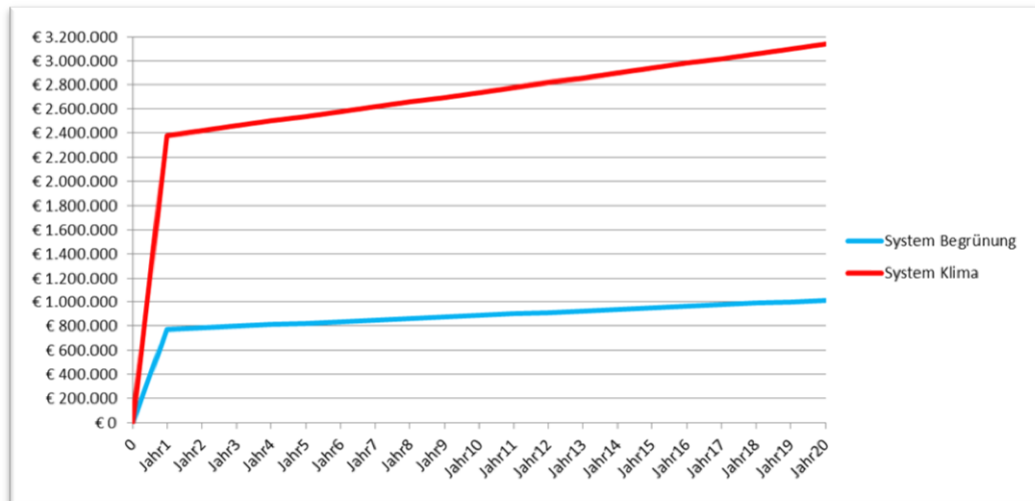


Abbildung 19: Kostenvergleich Klima versus Dachbegrünung

Im Fall der G-Klasse Produktion könnte nun diese Einsparung zur Sanierung des Gebäudes dienen, was wiederum den Zeitraum der Nutzbarkeit verlängern könnte. Zum Beispiel bedeutet bei Annahme von 20 Jahren Berechnungszeitraum, dass bei einem Höchstkostensatz pro Quadratmeter für eine vollständige Dachsanierung –liegt bei Euro 25,- bis 50,- je nach Ausführung- noch immer 27 Prozent Einsparung gegenüber der Klimavariante gegeben sind. Dies bedeutet, dass man im Zuge der Installation der Dachbegrünung auch das Dach vollständig sanieren könnte, und durch die Verdopplung der Lebensdauer der Abdichtung durch die Begrünung, für die nächsten 50 Jahre keine Kosten außer der Pflege für die Vegetation anfallen würden.

Sicherlich liegen bei der Kiesschüttung die Anschaffungskosten um 40 Prozent, und die Betriebskosten um 60 Prozent unter der der Dachbegrünung.

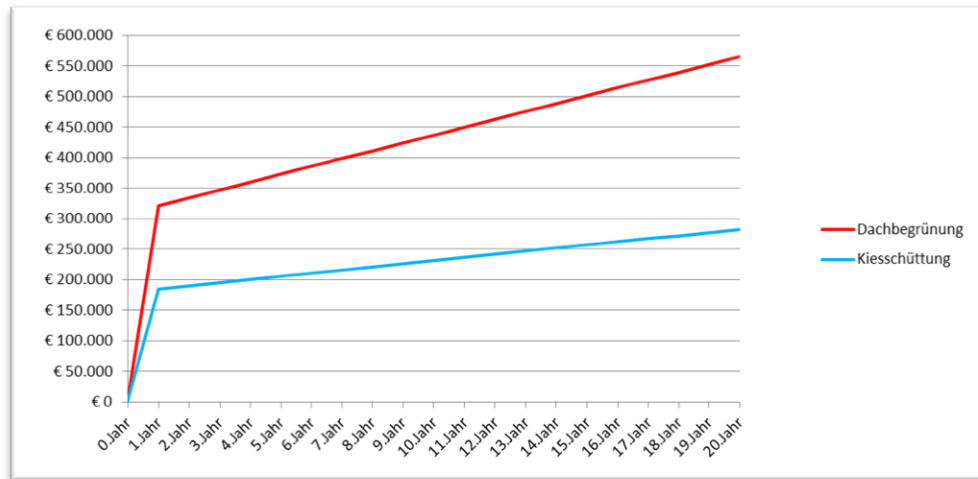


Abbildung 20: Nur Anschaffungskosten inkl. Pflegekosten

Diesen Sachverhalt findet man auch oft als Standardargument gegen die Dachbegrünung. Einseitig betrachtet auch zurecht, jedoch zeigt sich hier, dass die vielseitig positiven Eigenschaften der Dachbegrünung das eigentliche Potential liefern und je nach Größe des Anwendungsfalls diesen Nachteil sehr schnell wett machen können. Entscheidend ist, welche Vorteile man als Nutzer wirklich geltend machen kann, und in welcher Relation diese zu lukrieren sind. Dies ist leicht erklärt, da je nach Umsetzungsgröße auch die Eigenschaften der Gründächer immer stärker hervortreten. Ein Vergleich: Die Speicherfähigkeit von Niederschlagswasser bei Dachbegrünungen ist bei einem Einfamilienhaus im ländlichen Bereich wirtschaftlich betrachtet eher irrelevant, weil die geringen Mengen Wasser von einem herkömmlichen Dach abgeleitet werden und im Erdreich rund um das Haus ebenso versickern können.

Ein anderes Bild zeigt sich bei dicht bebauten Industrie- und Wohngebieten im urbanen Bereich, wo das Niederschlagswasser durch die Versiegelung des Erdreichs nicht mehr versickern kann, und deshalb in die Kanalisation eingeleitet werden muss. Dies wiederum führt bei Starkregen oft zu einer Überlastung des Kanalnetzes und zu Überschwemmungen, die ihrerseits zu schweren Schäden an großen Teilen der Infrastruktur einer Stadt führen können. Dieser Tatsache versucht man mit Rückhalte- und Auffangbecken entgegenzuwirken, jedoch erzeugen diese wiederum erhöhte Aufwände bei deren Schaffung und Erhaltung

und verschärfen zusätzlich das Problem der Flächenknappheit im urbanen Bereich.

Für das direkte Fallbeispiel bedeutet das, dass die Begrünung des Produktionsdaches der G-Klasse nicht nur einen äußerst rentablen Ersatz einer Klimaanlage darstellt. Durch die weiteren Vorteile wie Nutzungsverlängerung der Abdichtung, vorbeugender Schutz gegen Schäden durch Temperaturschwankungen und Verkleinerung oder sogar Entfall von Auffangbecken können zusätzliche Einsparungen lukriert werden.

Ein weiterer, jedoch noch nicht baugesetzlich anerkannter Vorteil ist die Eigenschaft des Gründachs als zusätzliche Dämmung. Für den Energieausweis darf diese Dachform zwar nicht in die Dämmwertberechnung einfließen, jedoch gehen Experten bei der extensiven Begrünung von erreichbaren Werten analog einer 20 Millimeter starken Styroporschicht aus.¹³¹ Hier ist die isolierende Wirkung von Vegetationsschichten zwar gedanklich sehr leicht nachzuvollziehen und auch selbst erfahrbar, jedoch fehlen anerkannte Studien, um diese auch als vollwertige Dämmsysteme zu bestätigen. Sollte die Forschung in dieser Richtung einen Durchbruch erringen, dann würde sich für Bauherren durch die Minderdimensionierung von herkömmlichen Dämmsystemen das Gründach weiter rentieren. Bei manchen Systemaufbauten für Gründächer werden aber Kunststoffplatten oder XPS Platten als Drainageschicht verwendet, somit kann hier auf jeden Fall der Dämmwert der Platten selbst als Richtwert herangezogen werden.

Ein Potential, das in den meisten Fällen nicht berücksichtigt wird, in dieser Arbeit aber ebenfalls als Positivum hervorzuheben ist, ist die vorbeugende Maßnahme gegenüber Strafabgaben bei Verschärfung der Verordnungen und Gesetze im Bauwesen. Abgesehen davon, sollte es für einen wirtschaftlichen Großbetrieb im Hightechnologiesektor – wie es Magna Steyr Fahrzeugtechnik ohne Zweifel ist -

¹³¹ vgl. Hämmerle, F.: Energiesparen mit Gründächern, Fachbeitrag für DDH, Wärmedämmende Dachbegrünungen, URL <http://www.haemmerle-gruendach.de/artigr/ddh.html>, (16.11.2015)

nicht nur Prämisse sein, Trends im Umfeld des Hauptgeschäfts zu erkennen, zu bewerten und möglicherweise auch integrieren zu können, sondern sollte es auch Ziel sein, selbst als Trendsetter zu agieren.

Die Gesetze in Österreich weisen zwar noch keine staatsübergreifenden Forderungen nach Dachbegrünungen auf, jedoch deuten Flächenwidmungspläne der Länder und Evaluierungen des Gesetzgebers bereits auf zukünftige Schritte in diese Richtung hin. Plant man im Vorfeld bereits bei Neubauten oder bei Umbaumaßnahmen an Altbauten die Ausrüstung mit Gründächern ein, können durch umsichtige Planung nicht nur die Kosten gegenüber anderen Dachsystemen neutralisiert oder gar Einsparungen lukriert werden, sondern kann auch die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert und für die Zukunft gefestigt werden. Erzielt wird dieser Effekt dadurch, dass man die Wirkung einer Verschärfung der Gesetze durch Vorerfüllung abschwächt oder gar eliminiert. Somit kann man ebenfalls das Risiko minimieren, dass man im Falle der fehlenden Planung in die Zukunft plötzlich mit aufwändiger und vor allem teurer Schadensbehebung konfrontiert ist.

6 Conclusio

Wie in dieser Arbeit durch drei Anwendungsbeispiele deutlich belegt, bieten die Grundlagen des Cradle to Cradle-Designs eine Vielzahl an Möglichkeiten, nicht nur im ökologischen Sinn, sondern vor allem auch in betriebswirtschaftlicher Hinsicht, positive Ergebnisse im industriellen Umfeld zu erzielen.

Ein besonderes Merkmal des Konzepts ist die Herangehensweise, dass Materialien nicht durch herkömmliches Recycling abgewertet, sondern vollständig in einem technischen oder einem ökologischen Kreislauf gehalten werden. Somit sind diese entweder biologische oder technische „Nahrung“ für neue Produkte und kann mit diesem System die vielzitierte Ressourcenverknappung maßgeblich entschärft werden. Die Frage, ob dies in der Automobilindustrie auch für beide propagierten Kreisläufe des Cradle to Cradle-Designs zutrifft, konnte in den jeweiligen Anwendungsfällen in der Entwicklung, der Produktion und dem Umfeld der Montage ebenfalls eindeutig bewiesen werden.

Dass die eingesetzten Materialien und angewendeten Techniken in der Automobilindustrie eine Vielzahl an Verbesserungspotential nicht nur in Hinblick auf die Auswirkungen auf die Umwelt, sondern auch in Hinblick auf betriebswirtschaftliche Kennzahlen bergen können, wurde vom Autor unter mehreren Aspekten dargestellt. Eine Integration des Cradle to Cradle-Designs in die Grundkonzeption der Fahrzeugproduktion dient als Leitfaden für den nachfolgenden Adaptierungsprozess und im Idealfall auch als Nährboden für weitere innovative Ideen im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

Gerade die Einfachheit des Cradle to Cradle-Designs stellt die Voraussetzungen für einen breiten Einsatz in der Industrie dar, sei es in der Textil-, Automobil- oder Baubranche. Eine Integration direkt in die Entwicklungsphase eines Fahrzeugs würde die nötige Basis schaffen, um nachhaltiges und wirklich effektives Umweltmanagement auf die gesamte Entstehungs-, Lebens- und Verwertungszyklen von Kraftfahrzeugen anwenden zu können.

Da die Automobilindustrie zweifelsohne als eine der globalen Triebfedern für die Wirtschaft bezeichnet werden kann und wohl auch in Zukunft die Mobilität der Menschen in den Händen halten wird, hätte eine Integration von Cradle to Cradle auch branchenübergreifende Potentiale. Schulterschlüsse zwischen Lieferanten und Kunden in der Automobilindustrie zu einer einheitlichen Umsetzung des Designs, wie im Kapitel um die Lederherstellung beschrieben, kann die Wettbewerbsfähigkeit beider Partner stärken. Weiterführend können auch ökonomische Brücken zu anderen Wirtschaftsbereichen wie beispielsweise der Landwirtschaft geschlagen werden, die bei einer herkömmlichen Produktion im Fahrzeugbau derzeit nicht existent sind.

Diese Arbeit lieferte nach Ansicht des Autors auch den Beweis, dass eine Vereinfachung in der Definition von Zielen den Spielraum für Lösungen erweitert. Das Cradle to Cradle-Design macht sich selbiges zu Nutze, um gewünschte Eigenschaften von und für Produkte zu erreichen, jedoch dabei stets unterschiedliche Wege offen zu halten, die ans Ziel führen. Im Kapitel rund um das Thema Feinfilter und Ölwechselintervalle trat dieser Aspekt sehr deutlich zu Tage. Das Ziel, also die grundsätzliche Erhaltung der Ölqualität für den Verbrennungsmotor und die Verbesserung der Ökoeffektivität, muss nicht zwangsweise die Verwerfung eines kompletten Entwicklungskonzepts bedeuten. Hier wurde lediglich eine zusätzliche, technisch unaufwändige Lösung an ein bestehendes System angedockt.

In diesem eben genannten Kapitel trat jedoch auch eine andere Erkenntnis ans Tageslicht. Die Forschung und Entwicklung hinsichtlich neuer ökoeffektiver Stoffe und neuer Verarbeitungstechniken als Grundlage für Industrieprodukte kann noch nicht genug Varianz anbieten, um ein breitgefächertes Portfolio von Lösungsansätzen auch tatsächlich nutzen zu können. Nach Ansicht des Autors ist ein grundlegendes Umdenken in dieser Richtung mehr als überfällig und muss diesem Bereich viel mehr Aufmerksamkeit und gedankliche Freiheit zur Entfaltung von Innovationen geboten werden.

Die Ressourcen Wissen, Erfahrung, Fortschritt und Mut zu völlig neuen Wegen schaffen die nötige Konkurrenzfähigkeit auf dem weltweiten Markt. Diese versiegen aber leider oftmals in der Großindustrie ungenutzt im chaotischen und zweifelsfrei energieraubenden Versuch, bestehenden Leitbildern hinterher zu laufen, anstatt auszubrechen und sich neue, bessere Routen zu erschließen. Gerade die Erfolgsgeschichte der Mercedes G-Klasse macht deutlich, dass man nicht zwangsläufig in einen Raster passen muss, um erfolgreich zu sein und wirtschaftlichen Stürmen trotzen zu können.

Zusammenfassend gesagt liegt der Erfolgsfaktor des Cradle to Cradle-Designs darin, die positiven Auswirkungen auf die Ökonomie eines Betriebes auf die gleiche Stufe mit dem Ökologiebewusstsein zu stellen und deshalb aufwändiges und ressourcenraubendes Umweltmanagement in Betrieben zu einem Erfolgsfaktor auf allen Ebenen zu transformieren.

In einem Punkt geht der Autor jedoch mit den Ansichten von Braungart und dessen Cradle to Cradle-Design nicht konform, nämlich in Bezug auf dessen Aufforderung zur (bedingungslosen) Verschwendung.

Dieses spezielle Design selbst kann eine alleinige Verwendung des natürlichen Kreislaufs für alle Systeme und Stoffe nicht bereitstellen. Hier muss man sich bei nicht ökoeffektiven und nicht ersetzbaren Stoffen ebenfalls eines technischen Kreislaufs bedienen, um die Auswirkungen auf die Umwelt so wenig schädlich wie möglich zu gestalten. Aus diesem Grund ist ein umweltbewusstes Wirtschaften mit diesen Ressourcen unabdingbar.

Ein deutliches Indiz dafür liefern die Kapitel zum Thema Feinfilter und Ledergerbung. In diesen beiden Fällen wäre ein pauschalierter Aufruf zur Verschwendung völlig unangebracht und würde dem Grundgedanken des Umwelt-Designs völlig zuwiderlaufen. Dies heißt im Klartext, dass beispielsweise der Einsatz von Feinfiltern zwar die benötigte Ölmenge im Lebenszyklus eines Fahrzeugs drastisch senken kann, diese jedoch keinen Freibrief für hemmungslose Überproduktion von Fahrzeugen mit Verbrennungskraftmotoren darstellen.

Noch drastischer wird es beim Thema der Ledergerbung. Hier wird zwar der vormals umweltgefährdende Gerbprozess mit Chrom durch einen hoch ökoeffektiven und ökonomischen ersetzt, eine hemmungslose Verschwendung von Leder würde aber die Zustände rund um das Tier als Rohstofflieferant auf das Schlimmste verschärfen.

Auch wenn sich die Rohstoffe, die Herstellung und die Verwendung in einem perfekten natürlichen Kreislauf bewegen würden, wird für die Produktion trotzdem – meist elektrische - Energie benötigt. Eine Verschwendung selbiger und ein damit einhergehender gravierender Ausbau der Energieinfrastruktur, würde jegliches Umweltbewusstsein ad absurdum führen.

Literaturverzeichnis

Anker, S. : Im E-Mobil i3 von BMW ist Öko erste Wahl, Welt.de, PS das Automagazin der Welt, alternative Antriebe, URL <http://www.wet-green.com/pdf/01_Presse.pdf>, (26.10.2015)

Auto.de : Mercedes G-Klasse : Handarbeit im Zwei-Schicht-Betrieb, Magazin, News, Mercedes Benz, URL <<http://www.auto.de/magazin/mercedes-g-klasse-handarbeit-im-zwei-schicht-betrieb/>>, (17.11.2015)

Autoviva.com : G-Class, Pictures, AMG G65, URL <http://www.autoviva.com/slideshow.php?element=news&ref_id=3501&first_id=94612>, (19.11.2015)

Baan, I. : Photography Architecture, URL <http://iwan.com/photo_Diller_Scofidio+_Renfro_Field_Operations_Highline.php?plaat=DSR-Highline-09-08-3618.jpg>, (19.11.2015)

Badenova AG und Co KG : Biogas aus Trauben- und Apfeltrester, Über Badenova, Presse, Pressemitteilungen, 26.10.2011, URL <https://www.badenova.de/web/de/ueberbadenova/presse_1/pressemitteilungen/Pressemitteilung_n-Details_310976.html>, (19.11.2015)

Baeck GmbH : Vegetabile Gerbstoffe, URL <<http://www.otto-dille.de/deutsch/gerbmittel.html>>, (17.11.2015)

Batchelor, R. : Henry Ford: Mass Production, Modernism and Design (Studies in Design and Material Culture), Manchester und New York, Manchester University Press, march, 1994

Bauernfeind, S. : Rücknahme- und Rückgabepflichten im Umweltrecht, Schriften zum Umweltrecht, c) Cradle to Grave-Prinzip, Berlin, 1999, S.130, URL <<http://books.google.at/books?id=IlbF9WCmOqUC&pg=PA130&lpg=PA130&dq=cradle+to+grave+prinzip&source=bl&ots=MVYJ7-9mYd&sig=Jv8mfXuKqPzbSg8OmJK9Z1Qg8gc&hl=de&sa=X&ei=GNDGUvTxEqKV7Aav94HYCw&ved=0CD0Q6AEwAg#v=onepage&q=cradle%20to%20grave%20prinzip&f=false>>, (01.03.2014)

Baunetzwissen.de : Schutz der Dachhaut, Fachwissen, Gründächer, URL <http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Flachdach_Schutz-der-Dachhaut_156181.html>, (20.11.2015)

Braungart, M. u. McDonough, W. : Cradle to Cradle Einfach intelligent produzieren, Piper Verlag, München, 2013

Braungart, M. : "Vision Cradle to Cradle", URL <<http://www.braungart.com/de/content/vision>>, (01.01.2014)

Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem (RIS) : Abfallwirtschaftsgesetz 2002 idF vom 27.02.2014, URL <<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086>>, (13.02.2014)

Bundesministerium für Bildung und Frauen : Recycling von Edelschrott - seltene Metalle wiederverwerten, URL <<http://www.schule.at/portale/polytechnische-schule/unterricht/fachbereiche/metall/detail/recycling-von-elektroschrott-seltene-metalle-wiederverwerten.html>>, (06.09.2014)

Busse, T. : Schick, aber schädlich, Stern.de, Gesundheit, Lederschuhe, URL
<<http://www.stern.de/gesundheit/lederschuhe-schick--aber-schaedlich-3176066.html>>,
(23.11.2015)

Chemgaroo/Chemgapedia : Chromgerbung von Leder II, Chemie, Makromolekulare Chemie, Polymere Netzwerke, Ionische Netzwerke, Beispiele für Ionische Vernetzung, S.4, URL
<<http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/netzwerke/vernetzung/ionisch.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/netzwerke/vernetzung/chromgerb.vscml.html>> , (25.10.2015)

Chemie.de : Photosynthese, Lexikon, URL <<http://www.chemie.de/lexikon/Photosynthese.html>>,
(18.11.2015)

ChemicalBook.com : Glutardialdehyd, Produkt Beschreibung, URL
<http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_DE_CB3762723.htm> , (26.10.2015)

Daimler.com : Investor Relations, Nachrichten 10.Jänner 2014, URL
<<https://www.daimler.com/dccom/0-5-7171-49-1663637-1-0-0-0-0-9296-7164-0-0-0-0-0-0.html>> , (07.09.2014)

Daimler.com : Runder Geburtstag für eckigen Erfolgstyp-30 Jahre jung: Die G-Klasse, Marken und Produkte, Mercedes-Benz Cars, Mercedes-Benz PKW, G-Klasse, Modellgeschichte, URL
<<http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-657098-49-1178568-1-0-0-0-0-0-0-0-1-0-0-0-0-0.html>> , (03.11.2015)

Deacademic : Gerbstoffe, Universal-Lexikon, Erklärungen, URL
<http://universal_lexikon.deacademic.com/242685/Gerbstoffe> , (25.10.2015)

Dell, I. u. Gerlach, G. : Geschäfte mit dem Ölwechsel-Innovative Filtertechnik wird in Deutschland blockiert, ZDF.de, Frontal21, 24.03.2015, URL <<http://www.zdf.de/frontal-21/angeschmierte-autofahrer-geschaefte-mit-dem-oelwechsel-37710824.html>> , (17.11.2015)

DUDEN : Recycling, Bibliographisches Institut GmbH (Hg.), URL <<http://www.duden.de/suchen/dudenonline/recycling>> , (01.01.2014)

DUDEN : der Trester, URL <<http://www.duden.de/rechtschreibung/Trester>> , (26.10.2015)

Elektronik Kompendium.de : Seltene Erden, Themen, Elektronik Grundlagen, Elektrotechnische Physik, Seltene Erden (Scandium Yttrium Lanthan) URL <<http://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/1607251.htm>> , (17.11.2015)

EPEA, The Cradle of Cradle to Cradle : Cradle to Cradle, URL <<http://www.epea-hamburg.org/de/content/das-cradle-cradle%C2%AE-designkonzept>> , (19.11.2015)

Exxon Mobil Corporation : Produktbeschreibung Mobil Glygoyle Reihe, URL <http://www.mobil.com/Germany-German/Lubes/PDS/GLXXDEINDMOMobil_Glygoyle.aspx> , (22.02.2014)

Fachverband der Fahrzeugindustrie, Wirtschaftskammer Österreich : Kurzportrait, URL
<<http://www.fahrzeug-industrie.at/wir-ueber-uns/kurzportraet>> , (29.08.2014)

Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. : Dachbegrünung vom Fachbetrieb, Argumente für fachgerechte Dachbegrünungen, URL <<http://www.fbb.de/dachbegrueung/dachbegrueung-pro-gruendach>> , (29.10.2015)

FCIO-Chemische Industrie : Wie viele verschiedene Kunststoffe gibt es?, Wissenswertes über Kunststoff, 2008, URL
<<http://extranet.fcio.at/DE/kunststoffe.fcio.at/Wissenswertes%20%C3%BCber%20Kunststoff/Basiswissen%20zu%20Kunststoffen/Wie%20viele%20verschiedene%20Kun1686/Wie+viele+verschiedene+Kunststoffe+gibt+es.aspx>> , (16.02.2014)

FOASTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations : BrowseData/ Production/Cropes/ Grapes/World/From2000/To2012/Sum, URL <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>, (01.12.2015)

Food and Agriculture Organisation of the United Nations : World Statistical Compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1993-2012, Market and Policy Analyses of Raw Materials, Horticulture and Tropical Products Team, Trade and Markets Division, 2013, Kapitel II, Table5, S.23 URL <http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Hides_Skins/Documents/COMPENDIUM2013.pdf>, (01.12.2015)

Frankfurter Allgemeine Zeitung : Seine Haut teuer verkaufen, Heller-Leder findet seine Kunden in der Luxus-Branche, 14.09.2011, URL <<http://www.faz.net/frankfurter-allgemeine-zeitung/wirtschaft/seine-haut-teuer-verkaufen-11187752.html>>, (26.10.2015)

Frey von Knonau, J.J. : Taschenbuch für Schweizerische Ingenieure beim Straßen und Wasserbau, In der Kommission der Buchhandlung Franz Hoffmann, 1838

Gabler Wirtschaftslexikon : Cradle-to-Cradle, Gabler Wirtschaftsverlag GmbH, URL <<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/222058/cradle-to-cradle-v6.html>>, (01.01.2014)

Giese, S. : Lederhaus-Lederinfo, Lederkunde, Geschichte der Lederherstellung, URL <<http://www.lederhaus.de/wissen/lederkunde.php>>, (25.10.2015)

Graz.at : Freiraumplanerische Standards, Stadtplanungsamt, Themenliste Dachbegrünung, URL <http://www.graz.at/cms/dokumente/10080561_1552913/8acd365e/09_FRP_STand_dachbegruenung.pdf>, (29.10.2015)

Green Promotion : Pflanzlich (vegetabil) gegerbtes Leder, Öko-Wissenslexikon, URL <http://www.greenpromotion.de/lexikon_oeko-wissen_artikel.php?id=16>, (25.10.2015)

Greenpeace Austria : Brennpunkt Abfallverwertung, Greenpeace-Check nach HCB-Skandal: Wie sicher sind Zementwerke in Österreich?, Report August 2015, Kapitel 5 - Luftemissionen, S.20, URL <http://www.greenpeace.org/austria/Global/austria/dokumente/Reports/Umweltgifte/GP_HCB_Report_web.pdf>, (20.11.2015)

Grossarth, J. : Weder Erden, noch selten, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Wirtschaft, Rohstoffe, 31.10.2010, S.1, URL <<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/rohstoffe-weder-erden-noch-selten-16739.html>>, (20.11.2015)

Hackenberg, U. : Seltene Erden, Viavision – VolkswagenGroup Nachrichten, Nr.01/2012, S.6-8, URL <<http://www.viavision.org/ftp/703.pdf>>, (05.01.2014)

Haflinger-Ersatzteile.at : Geschichte des Unternehmens Steyr-Daimler-Puch, Home, Kundenbereich, URL <<http://www.haflinger-ersatzteile.at/index.php/de/start-de/kundenbereich/geschichte-des-unternehmens-steyr-daimler-puch>>, (17.11.2015)

Hämmerle, F. : Energiesparen mit Gründächern, Fachbeitrag für DDH, Wärmedämmende Dachbegrünungen, URL <<http://www.haemmerle-gruendach.de/artigr/ddh.html>>, (16.11.2015)

Handke, K. : Polyurethan, Kunststoff-Handelsnamen.de, IT&I GmbH, Produktklassen, Polyurethan, URL <<http://www.kunststoff-handelsnamen.de/Default.aspx?tabid=324>>, (19.11.2015)

Heinig, C. : 18.08.2010 Torshavn/Färöer-Inseln, URL <http://millisglashaus.blogspot.co.at/2010_08_18_archive.html>, (19.11.2015)

Huppertz, H. : Bremsflüssigkeit, KFZ-Tech.de, 04/13, URL <<http://www.kfz-tech.de/Bremsfluessigkeit.htm>>, (16.02.2014)

Huppertz, H. : Kühlmittel, KFZ-Tech.de, 08/11, URL <<http://www.kfz-tech.de/Kuehlmittel.htm>>, (16.02.2014)

Industriemagazin.at : Die Überflieger, Rankings, Industrieunternehmen, Die Wachsenden, 2014, URL <<http://industriemagazin.at/rankings/industriebetriebe>>, (17.11.2015)

Ingenieurbüro Dolder-Energie und Gebäudetechnik : Erklärung der Begriffe Kälteerzeugung / Kältemaschine, Wissen, Kälte, URL <<http://www.dolder-ing.ch/wissen/Kaelte/begriff-erklaerung-kaeltemaschine-kaelteerzeugung-waermepumpe.htm>>, (04.11.2015)

Initiative „AutoBerufe – Mach Deinen Weg!“ Wirtschaftsgesellschaft des Kraftfahrzeuggewerbes GmbH : Eisen und Aluminium - zwei unverzichtbare Metalle im Auto, URL <<http://www.chemie-am-auto.de/metalle/index.html>>, (06.09.2014)

Kainrath, V.: „EU-Umweltkommissar will Plastiksackerl-Verbot ermöglichen“, in: derStandard, 04.11.2013, URL <<http://derstandard.at/1381370774629/Plastiksackerl-EU-Umweltkommissar-will-Verbot-ermoeglichen>>, (06.09.2014)

Karlsson, P. : State of the World wine production and grape growing 2014, November 11 2014, URL <<http://www.bkwine.com/features/more/state-world-wine-production-grape-growing-2014-france-back/>>, (26.10.2015)

Karlsson, P. : The world's grape production 2000-2012, Winemaking and viticulture, June 11 2013, URL <<http://www.bkwine.com/features/winemaking-viticulture/global-grape-production-2000-2012/>>, (26.10.2015)

Kath.de : Tannin, Das Weinlexikon, URL <<http://www.kath.de/weinlexikon/tannin.php>>, (26.10.2015)

Klauder, K. : Fahrzeugsicherheit-Meilensteine der Geschichte, Auto Motor und Sport.de, Ratgeber, 21.November 2008, URL <<http://www.auto-motor-und-sport.de/news/meilensteine-der-fahrzeugsicherheit-1105503.html>>, (28.10.2015)

KleineZeitung.at : 5000 neue Jobs in der steirischen Autoindustrie, Steiermark, Graz, 09.07.2015, URL <http://www.kleinezeitung.at/s/steiermark/graz/4773108/Bis-2018_5000-neue-Jobs-in-der-steirischen-Autoindustrie>, (17.11.2015)

KleineZeitung.at : Gestalten Sie die Mobilität der Zukunft, Steiermark, Job, 30.04.2014, URL <<http://www.kleinezeitung.at/s/karriere/kompasstechnik/3809269/Gestalten-Sie-die-Mobilitaet-der-Zukunft>>, (19.11.2015)

Kranner GmbH : „Urban Mining - facts and figures“, InternetBlog, URL <<http://www.urbanmining.at/>>, (03.01.2014)

Leder-info.de : Chromgerbung, Lexikon A-Z, URL <<http://leder-info.de/index.php/Chromgerbung>>, (25.10.2015)

Leder-info.de : Gerbung, URL <<http://www.leder-info.de/index.php/Gerbung>>, (24.10.2015)

Leder-info.de : Maße und Gewichte, Lederlexikon A-Z, URL <http://www.leder-info.de/index.php/Ma%C3%9Fe_und_Gewichte>, (26.10.2015)

Leder-info.de : Pflanzlich gegerbtes Leder, Lederlexikon A-Z, Lohgerbung, URL <http://leder-info.de/index.php/Pflanzlich_gegerbtes_Leder>, (26.10.2015)

Lederzentrum GmbH : Chromgerbung, Lederlexikon von A-Z, URL <<http://www.lederzentrum.de/wiki/index.php/Chrom>>, (24.10.2015)

Lehmann, O. : W463.de-Alles zum Thema Mercedes G-Modell, G-Baureihen, URL
<<http://www.w463.de/g-baureihen.htm>>, (17.11.2015)

Lenntech B.V. : Periodensystem, Elemente, Thorium, URL
<<http://www.lenntech.de/pse/elemente/th.htm>>, (16.02.2014)

Lilienfeld, R. u. Rathje, W. : Use Less Stuff: Environmental Solutions for Who We Really Are, Ballantine Publishing Group, New York, 1998

Linszbauer, H. : Unsere Branche Das Autoland Österreich (ausgewählte Leistungen), Mai 2014, URL <http://www.fahrzeugindustrie.at/fileadmin/content/Zahlen___Fakten/Statistikjahrbuch/Autoland_%C3%96sterreich_2013.pdf>, (29.08.2014)

LKG Ingenieurbüro für Bautechnik : Grassodendach, Fachbegriffe, 04.07.2013, URL
<<http://www.elkage.de/src/public/showterms.php?id=3326>>, (29.10.2015)

Lucas, R. : Verborgene Schätze – Edelmetalle und Selten Erden im urbanen Bereich, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Fachkongress für urbanen Umweltschutz: Meinung-Konzepte-Zukunft, Iserlohn, 25. März 2010, URL <http://www.urban-mining.com/fileadmin/pdfs/vortraege/Lucas_UrbanMining_240310.pdf>, (17.11.2015)

Magna.com : Kompetenzen, Über Magna Steyr, Historie, URL
<<http://www.magnasteyr.com/de/kompetenzen/fahrzeugentwicklung-und-auftragsfertigung/about-magna-steyr/>>, (17.11.2015)

Magna.com : Magna modernisiert und erweitert die Produktion für Mercedes-Benz G-Klasse, Medien, Pressemitteilungen und News, URL
<<http://www.magna.com/de/medien/pressemeldungen-news/news-page/2013/09/27/pressemitteilung---magna-modernisiert-und-erweitert-die-produktion-f%C3%BCr-mercedes-benz-g-klasse>>, (03.11.2015)

Magna.com : News Release – Production of the Mercedes G-Class at Magna Extended Through 2022, Media, Press Releases and News, October 20, 2014, URL
<<http://www.magnasteyr.com/media/press-releases-news/releases-news/2014/10/20/news-release---production-of-the-mercedes-benz-g-class-at-magna-extended-through-2022>>, (17.11.2015)

Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG : Zertifikat EN ISO 14001, URL
<http://www.magnasteyr.com/docs/default-source/magna-steyr---environmental-protection/iso_14001_2004.pdf?sfvrsn=2>, (30.08.2014)

Mann, G. : Dach- und Fassadenbegrünungen schützen, dämmen, kühlen und verbessern das Kleinklima, optigruen.de, Aktuelles, Download Presse, URL
<<http://www.optigruen.de/aktuelles/download-presse/dach-und-fassade/>>, (19.11.2015)

Matulla, C. : Anwendung der Analogmethode in komplexem Terrain, Klimaänderungsszenarien auf Tagesbasis für Österreich, GKSS Report 04/2011, GKSS research center, Geesthacht, URL
<<http://www.klimafit.at/bilder/grazgross.jpg>>, (19.11.2015)

Meadows, D.H. u.a.: The Limits to Growth - Die neuen Grenzen des Wachstums, Übersetzung: Hans-Dieter Heck, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1972

Monitzer, K. : Trabolt Hochleistungsfilter, Referenzen, Erfahrungsbericht, URL
<<http://www.klinikexpress.at/index.php?id=30>>, (22.02.2014)

Moore Balliew Oil Company : Industrial Lubricants, Mobil Glygoyle, URL
<<http://catalog.mooreballiewoil.com/viewitems/industrial-lubricants-gear-oils/mobil-glygoyle-series>>, (22.02.2014)

National Geographic Society, Education : Great Pacific Garbage Patch, Pacific trash vortex, URL <<http://education.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>>, (23.11.2015)

Optigrün.at : Kosten-Nutzen-Analyse, Rechnet sich ein Gründach, 05/2007, URL <http://www.optigruen.at/fileadmin/contents/Prospekte/2_Fachthemen/Optigruen-Kosten-Nutzen-Analyse.pdf>, (14.11.2015)

Outdoor-Design.de : Images Tagged "Extensive Dachbegrünung", Dachbegrünung, URL <http://www.outdoor-design.de/ngg_tag/extensive-dachbegruenung/>, (19.11.2015)

Pius-info.net : Inhaltsstoffe wassergemischter Kühlschmierstoffe, Infoblatt, URL <http://www.pius-info.de/dokumente/docdir/biva/praxis_info/3999t098.html>, (16.02.2014)

Reller, A. u. Holdinghausen, H. : Wir konsumieren uns zu Tode - Warum wir unseren Lebensstil ändern müssen, wenn wir überleben wollen, Verlag Westend, Frankfurt / Main, 2013

Roemert, T. : Dach- und Fassadenbegrünung, Vorlesungsreihe „Ökologische Gebäudetechnik“, Sommersemester 1996, URL <<http://www.gbt.ch/knowhow/Doc500027/Default.htm>>, (28.10.2015)

Schleicher, G.K. : Ölfilterdauertest, autobild.de, URL <<http://www.autobild.de/bilder/oelfilter-dauertest-16881.html#bild2>>, (19.11.2015)

Schneider, U., u.a. : Recyclingfähig konstruieren, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bericht aus Energie und Forschung 21/2011, Wien, URL <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1121_recyclingfaehig_konstruieren.pdf>, (01.01.2014)

Schuch, M. : Cradle to Cradle-Rohstoffe im Kreislauf, Planet Wissen, Technik, 21.03.2012, URL <<http://www.planet-wissen.de/technik/werkstoffe/metallrohstoffe/pwiecradletocradlerohstoffeimkreislauf100.html>>, (17.11.2015)

Seilnacht, T. : Kautschuk - Gummi, Lexika, Polymere, URL <http://www.seilnacht.com/Lexikon/k_gummi.html>, (17.11.2015)

Spektrum.de : Vitis vinifera, Wein, Lexika, Lexikon der Arzneipflanzen, 1999, URL <<http://www.spektrum.de/lexikon/arzneipflanzen-drogen/vitis-vinifera/15414>>, (26.10.2015)

Statistik Austria : Kraftfahrzeuge-Bestand, KFZ-Bestand 2012, Statistiken Verkehr, Straße, URL <http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html>, (19.11.2015)

Stern.de : Autoindustrie droht Pleitewelle (Zitat von Rudolf Hickel, 28.10.2008), URL <<http://www.stern.de/wirtschaft/news/unter-nehmen/finanzkrise-autoindustrie-droht-pleitewelle-643670.html>>, (29.08.2014)

Stich, J. : Leiden für Leder-Kinderarbeit Tierleid und hochgiftige Produktionsprozesse, Pressemitteilungen, Bekleidung, Leder, URL <<http://www.peta.de/leiden-fuer-leder-kinderarbeit-tierleid-und-hochgiftige-produktionsprozesse->>, (19.11.2015)

Szigetvari, A. : Autoindustrie in Europa brummt nicht mehr, in: derStandard, 17.04.2013, URL <<http://derstandard.at/1363708324050/Autoindustrie-in-Europa-brummt-nicht-mehr.html>>, (29.08.2014)

Technikatlas.de : Geschichte des Kunststoffs, URL <<http://www.technikatlas.de/~tb4/geschichte.htm>>, (16.02.2014)

Technikatlas.de : Kunststoffrecycling, URL <<http://www.technikatlas.de/~tb4/recycling.htm>>, (16.02.2014)

This - Fachmagazin für erfolgreiches Bauen, Kanalbau : Nachhaltiger Tiefbau-Produktzertifizierung durch Cradle to Cradle, 16.11.2013, URL <http://www.this-magazin.de/artikel/tis_Cradle_to_Cradle-_Produktzertifizierung_1838603.html>, (03.01.2014)

Tradium GmbH : Seltene Erden - Verwendung, URL <<http://www.tradium.com/produkte/seltene-erden/>>, (06.09.2014)

Trigema.de : Unsere Cradle to Cradle Shirts, Shop, URL <http://www.trigema.de/shop/page/kompostierbar_page/detail.jsf>, (03.01.2014)

TU-Graz/AEIOU.at : Österreich Lexikon, Steyr-Daimler-Puch AG, URL <<http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.s/s853211.htm>>, (17.11.2015)

WBCSD : Vision 2050 – The new agenda for business (2010), URL <<http://www.wbcsd.org/vision2050.aspx>>, (30.08.2014)

Wet-Green Natural Leather Solutions: Produkte, URL <<http://www.wet-green.com/produkte.php>>, (26.10.2015)

Wiesinger, J. : Elektrotechnische Grundlagen im Auto, KFZ-Elektrik, KFZ-Elektronik, Vernetzung, URL <<http://www.kfztech.de/kfztechnik/elektrik.htm>>, (18.11.2015)

Wirtschaftsblatt.at : Jaguar Land Rover lässt künftig Autos bei Magna Steyr in Graz bauen, Nachrichten, Österreich, 03.07.2015, URL <<http://wirtschaftsblatt.at/home/nachrichten/oesterreich/steiermark/4767948/Jaguar-Land-Rover-laesst-kunftig-Autos-bei-Magna-Steyr-in-Graz-bauen>>, (17.11.2015)

Wirtschaftslexikon.com : Recycling und Downcycling, URL <http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/recycling_und_downcycling/recycling_und_downcycling.htm>, (01.01.2014)

Wolf, G. : Branchenbericht Fahrzeugherzeugung mit Detailberichten: KFZ-Industrie, Sonstiger Fahrzeugbau (September 2011), URL <<http://www.bankaustria.at/files/Fahrzeugherzeugung.pdf>>, (01.09.2014)

Youtube : Ölwäsche statt Ölwechsel, Video der MDR Umschau vom 22.03.2011, URL <<http://www.youtube.com/watch?v=senqCpOriWY>>, (22.02.2014)

Youtube : Verschmälzte HochleistungsölfILTER, Video der ZDF Frontal21, Sendung vom 14.09.2004, URL <<http://www.youtube.com/watch?v=PDjZY0uHKtc>>, (22.02.2014)

ZAMG : Tropentage 2015 in der Steiermark, URL <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CBp1Sy2GmnlJ:https://stmk.lko.at/media.php%3Ffilename%3Ddownload%253D%252F2015.10.30%252F1446197401261931.pdf%26rn%3DTropentage%2520Steiermark.pdf+%&cd=7&hl=de&ct=clnk&gl=at>>, (08.11.2015)

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Sankt Nikolai im Sausal, den 09. Dezember 2015

Gregor Gottfried Fimbinger